



Informe Anual **Cenicafé** 2014



FoNC
Fondo Nacional del Café



Ministro de Hacienda y Crédito Público
Mauricio Cárdenas Santamaría

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Aurelio Iragorri Valencia

Ministro de Comercio, Industria y Turismo
Cecilia Álvarez Correa

Director del Departamento Nacional de Planeación
Simón Gaviria Muñoz

COMITÉ NACIONAL

Período 1° enero/2011- diciembre 31/2014

José Fernando Montoya

Eugenio Vélez Uribe

Luis Javier Trujillo Buitrago

Fernando Castro Polanía

Carlos Roberto Ramírez Montoya

Francisco Javier Pérez Marín

Fernando Castrillón Muñoz

Carlos Alberto Cardona Cardona

Jorge Julián Santos Orduña

Aura Teresa Pérez

Alfredo Yáñez Carvajal

Crispín Villazón de Armas

Iván Pallares Gutiérrez

Jorge Cala Robayo

Gerente General

LUIS GENARO MUÑOZ ORTEGA

Gerente Administrativo

LUIS FELIPE ACERO LÓPEZ

Gerente Financiero

JULIÁN MEDINA MORA

Gerente Comercial

CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ

Gerente Comunicaciones y Mercadeo

LUIS FERNANDO SAMPER GARTNER

Gerente Técnico

CARLOS ARMANDO URIBE FANDIÑO

Director Investigación Científica y Tecnológica

FERNANDO GAST HARDERS

ISSN - 2145-521X

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

© FNC - Cenicafé - 2014

Comité Editorial Cenicafé

Fernando Gast H.

Ph.D. Director, Cenicafé

Pablo Benavides M.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología, Cenicafé

Juan Rodrigo Sanz U.

Ph.D. Ing. Mecánico. Ingeniería Agrícola, Cenicafé

Carmenza Esther Góngora B.

Ph.D. Microbióloga. Entomología, Cenicafé

Marco Aurelio Cristancho A.

Ph.D. Microbiólogo. Fitopatología, Cenicafé

José Ricardo Acuña S.

Ph.D. Biólogo. Mejoramiento Genético, Cenicafé

Siavosh Sadeghian Kh.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Suelos, Cenicafé

Sandra Milena Marín L.

MSc. Ing. Agrónomo. Divulgación y Transferencia, Cenicafé

Edición de textos

Sandra Milena Marín L.

Diseño y diagramación

Luz Adriana Álvarez M.

Diseño de carátula

Óscar Jaime Loaiza E.

Figuras

Óscar Jaime Loaiza E.

Luz Adriana Álvarez M.

Carmenza Bacca R.

Fotografías

Archivo Cenicafé

Impreso por

Editorial Blanecolor S.A.S.

Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo	5
Programa Producción y Productividad	19
Línea PPR0100. Conocimiento de los factores de producción a nivel regional y ajuste en los elementos del sistema	21
Línea PPR0200. Aumento de la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos ajustados a la oferta ambiental, teniendo como referencia la producción potencial	27
Línea PPR0300. Aumento de la eficiencia de los factores de producción	31
Línea PPR0400. Consolidación de la red de distribución de semilla	54
Línea PPR0500. Estrategias de protección del cultivo	56
Línea PPR0600. Evaluación de germoplasma	65
Línea PPR0700. Desarrollo de materiales para pruebas regionales y entrega de variedades	96
Línea PPR0800. Protección del cultivo de limitantes potenciales de la producción	117
Línea PPR0900. Desarrollo de procesos para agregar valor a la calidad de café a los subproductos y al aseguramiento de la calidad	124
Programa Caficultura y Variabilidad Climática	129
Línea CVC0100. Medición de amenazas y vulnerabilidades, identificación de oportunidades para adaptar la caficultura colombiana a la variabilidad climática	131
Línea CVC0200. Incremento de la certidumbre, modelación matemática de los factores asociados con el cultivo del café	138
Línea CVC0300. Identificar y generar estrategias que reducen el riesgo	148
Programa Gestión Inteligente del Agua (GIA)	167
Convenio Huellas de Paz	189
Programa Forestal KfW	201
Caracterización de los Cacaos de Colombia	215
Gestión Administrativa y Financiera	221



Resumen Ejecutivo





Las investigaciones que se adelantaron durante el 2014 se fundamentaron en el marco del Documento Estratégico de la Federación Nacional de Cafeteros y el Plan Operativo de Cenicafe, con miras a la sostenibilidad de la caficultura, a partir de la definición e implementación de las alternativas de adaptación para la caficultura en Colombia, que contribuyan a recuperar, estabilizar y aumentar la producción y la productividad de los cafetales, con sostenibilidad y calidad, teniendo en cuenta los principales factores determinantes que inciden en la producción y la productividad bajo una óptica regional.

A continuación se presentan los resultados de la gestión de Cenicafe:

PROGRAMA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD

Desde el Programa de Producción y Productividad se lideraron actividades que permitirán ajustar los factores de producción con el fin de maximizar la eficiencia en el uso de recursos, se generaron alternativas sostenibles de manejo de problemas fitosanitarios, se precisaron metodologías y se obtuvieron criterios para una mayor discriminación de las potencialidades del germoplasma y hacer más eficientes los procesos de selección de nuevas variedades de café, se fundamentaron los criterios de cosecha y postcosecha, y se argumentaron las metodologías para afianzar la calidad y procurar un mayor valor agregado a los subproductos.

Como grandes logros obtenidos a partir de los diferentes procesos de investigación se destacan:

En la profundización del conocimiento de los factores de producción a nivel regional y ajuste en los elementos del sistema

- Se realizaron actividades relacionadas con la parametrización y ajuste de las diferentes versiones SIC@, la cual incluye bases de datos desde el año 2006. La parametrización ha servido de insumo para proyectos que desarrolla el Centro actualmente, entre ellos: Gestión Inteligente del Agua - GIA, Ciencia Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías, especialmente para los departamentos de Nariño, Santander, Norte de Santander, Cundinamarca, Boyacá, Magdalena y Caldas. Proyectos especiales como café de Támara, Investigación Participativa-IPA y la estructuración del programa de renovación por la Gerencia Técnica.

- Durante la Cumbre Nacional de Coordinadores de Extensión Rural, a cada Comité de Cafeteros se le entregó una base de datos SIC@ con 90 atributos adicionales, que incluyó información bioclimática, como herramienta de decisión y planificación regional. En un taller, utilizando los parámetros de zonificación agroclimática y por altitud, se priorizaron áreas de renovación departamental. Para cada departamento cafetero se construyeron 14 mapas de zonificación que incluyen indicadores agroclimáticos, además de variables como rango de altura, clasificación de variedades de café por resistencia a roya y nivel de sombrero.

Con el objetivo de aumentar la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos ajustados a la oferta ambiental, teniendo como referencia la producción potencial

- Se cuantificó el efecto de variables climáticas en el comportamiento de la producción. Los resultados mostraron que una disminución entre 5,6% y 63,0% de horas de brillo solar determina una pérdida en producción entre 3% y 22%.
- En la actividad “Simular para Colombia la producción potencial de café” se encontró que con relación a las mejores localidades, en ambientes El Niño, La Niña y Neutro, otras localidades presentan diferencias máximas de 47%, 10% y 11%, respectivamente.
- Para un lote de Variedad Castillo® de 29 meses, establecido en la Estación Experimental La Catalina, se definieron estrategias para alcanzar la producción potencial y disminuir la brecha, que hoy es de 1.187,5 kg de café pergamino seco.

Con el propósito de aumentar la eficiencia de los factores de producción

• En sistemas de producción de café a libre exposición solar:

Se evaluaron cuatro formas dinámicas de obtención del número de tallos hectárea en un ciclo de producción de cuatro cosechas, modificando la población inicial mediante la eliminación de tallos (raleo) después de las dos primeras cosechas. Se registró efecto de los tratamientos en las localidades de Santander y El Tambo, para el arreglo 2,0 m x 1,0 m y dinámica de

20.000 a 5.000 tallos; la producción acumulada de café pergamino seco difiere con respecto a la obtenida con 10.000 tallos/ha. En estas condiciones la producción se redujo en 25,3% en Santander y 32,0% en El Tambo con respecto a la producción de 10.000 tallos/ha.

En la evaluación de cinco tipos de contenedores para almácigo, se observó que la raíz alcanza su máxima longitud entre 160 días después de la siembra de la semilla-ddss (espuma) y 219 ddss (bolsa 17 x 23 cm).

En la evaluación de la práctica denominada “redscope” en cafetales de primer año, establecidos con colinos descopados, éstos responden con la formación de dos tallos en un 90% cuando se aplicó el método con corte de ramas laterales y en un 78% sin el corte de éstas.

- **En sistemas de producción de café en Sistemas Agroforestales - SAF:**

En el departamento de Santander, el análisis del promedio de la producción de cuatro cosechas (2009 a 2012), indicó que para la densidad de siembra del café de 10.000 plantas/ha se obtienen las máximas producciones de 312,0; 415,0 y 296,0 @.ha⁻¹ de cps con el sombrío de *Inga edulis*, establecido a 278, 123 y 70 árboles/ha, respectivamente.

Los resultados parciales en las zonas cafeteras colombianas Norte y Sur y resultados finales en el Centro, indican que con el establecimiento de 5.000 plantas/ha (2,0 m x 1,0 m) de café variedad Tabi, se obtuvieron producciones máximas de 113,6 y 84,9 @.ha⁻¹ de cps en las Estaciones Experimentales El Tambo y Pueblo Bello, respectivamente, y de 70,6 @.ha⁻¹ de cps en Naranjal.

En cuanto a la fertilización con materia orgánica en mezcla con fuentes potásicas, los resultados parciales indican que a bajas densidades de siembra del café (3.900 plantas/ha) y bajo sombrío regulado, no hay respuesta en producción del café a la aplicación de fertilizante químico, orgánico o en mezclas. Con densidades de siembra del café a 6.000 plantas/ha, la mejor respuesta, en cuanto a producción de café, se registró en la fertilización con lombricompostado en mezcla con sulfato de potasio. A densidades de siembra del café de 7.800 plantas/ha la mejor respuesta se obtuvo con el empleo de lombricompostado con sulfato de magnesio.

- **En fertilidad del suelo para una adecuada nutrición de los cafetales:**

El fraccionamiento de la fertilización, cuatro y seis veces por año comparado con dos aplicaciones, no tuvo efecto en el acumulado de tres cosechas.

El suministro de nutrientes a través de la mezcla de fuentes simples y/o complejos granulados, produjo igual efecto en la producción.

El SPAD es una herramienta que permitió detectar deficiencias severas de nitrógeno en la planta de café. Se presentó una relación significativa entre la lectura SPAD y el N foliar.

- **En desarrollo y adaptación de tecnologías de cosecha y postcosecha:**

Se obtuvo la patente de invención por las tecnologías Ecomill® y Fermaestro®. Actualmente, se tienen nueve licenciarios de la tecnología Ecomill®, produciendo e instalando los nuevos equipos, y un licenciario de la tecnología Fermaestro®, produciendo y distribuyendo el implemento necesario para aplicar la metodología.

Se desarrollaron dos herramientas portátiles con visión artificial para la cosecha de café en Colombia, obteniendo resultados promisorios a nivel de laboratorio. Se evaluó el efecto de la disminución del contenido de humedad del café a niveles de 45%, 40% y 35%, y almacenamiento durante 24, 48, 72 y 96 h, en las condiciones de Chinchiná, en su calidad y la pérdida de materia seca. No se observó diferencia significativa entre los tratamientos y entre éstos y el testigo (secado inmediato) en la calificación total en la escala SCAA. Tampoco hubo efecto de los tratamientos en la pérdida de materia seca, la cual varió entre 0,22% y 1,31%.

Se adelanta la evaluación de un dispositivo portátil en la recolección de frutos de café caídos al suelo, obteniendo mejores resultados en árboles con eliminación de ramas en el tercio inferior, con eficacias de recolección superiores a 80%.

- **Para la consolidación de la red de distribución de semilla:**

Para el período comprendido entre el 1 de octubre de 2013 y el 30 de septiembre de 2014, se puso a disposición de los caficultores un total de 75.803 kg de semilla, se distribuyeron 69.087 kg de semilla procedente de Cenicafé y 6.716 kg

de la Red Productora de Semilla de la FNC. Entre los Comités que demandaron mayor cantidad de semilla de Cenicafé se destacaron Cauca con 16.215 kg, seguido de Tolima con 9.950 kg, Santander con 5.976 kg y Huila con 5.529 kg. Igualmente, durante el último trimestre del año 2013, Valle con 1.950 kg, Cauca con 1.500 kg y Santander con 1.000 kg fueron los Comités de Cafeteros con mayor compra en las fincas de la Red Productora de Semilla de la FNC.

En la actividad relacionada con el registro de las variedades mejoradas se realizaron los trámites legales exigidos por el ICA para obtener los derechos de obtentor de variedad al genotipo CU1812, publicado en la Gaceta de Variedades Vegetales Protegidas del ICA, volumen 16 de diciembre del 2013. Así mismo, se inscribieron para este proceso, los genotipos CU1855, CU1990, CX2848, CX2197, CX2385, CX2720 y CX2866. De igual manera, en la Estación Central Naranjal se realizó la planeación e inicio de las pruebas de distinguibilidad, homogeneidad y estabilidad, como continuación del proceso de derechos obtentor de variedad.

Cumpliendo con los requerimientos para el registro como productores de semilla certificada y seleccionada, se construyó el informe basado en la resolución 970 de marzo del 2010, que establece los parámetros necesarios para ser productores de semilla.

Como alternativas de protección de cultivos

• En estrategias de control de plagas:

Se evaluaron los enemigos naturales nativos de broca, *Cathartus quadricollis* y *Ahasverus advena*, depredando entre 66% y 86% de los estados de broca al interior de café cereza infestado.

Se evaluó un dispositivo de accionamiento manual para la recolección de frutos del suelo, el cual pudo retirar entre 42% y 88% de café caído durante el repase, con hasta 140.000 brocas, lo cual permitió reducir la infestación por broca en la siguiente cosecha entre 33% y 58% con respecto a un testigo sin repase.

Se evaluaron plantas que afectan el comportamiento de la broca, de tal manera que se encontró que la estevia, la caléndula, el tabaco y la artemisa son repelentes a las hembras adultas.

Se evaluaron, validaron y recomendaron dos nuevos productos insecticidas para el control de la broca del café, los cuales contienen diamidas antranílicas y un novedoso mecanismo de acción. A pesar de que se requiere mayor investigación sobre el efecto de estos productos sobre la fauna benéfica, hasta la fecha no se evidencian impactos negativos sobre enemigos naturales.

Se validaron productos para el control de cochinillas de las raíces del café y se propusieron estrategias de manejo de esta plaga en almácigos, cafetales jóvenes, siembras nuevas en lotes infestados y reemplazo de cafetales severamente atacados.

• En estrategias de control de enfermedades:

Se incorporó como nuevo criterio para la aplicación de fungicidas para el control de la roya, el calendario fijo, 60 días después de una floración principal, dadas las alteraciones fisiológicas de las plantas por la variabilidad climática. De acuerdo con esto, las aspersiones de cyproconazole + thiamethoxam mostraron mejor acción, tanto en lo fisiológico (desarrollo vegetativo de la planta) como en lo patológico (cantidad de inóculo remanente de la epidemia anterior que influye en los inicios de los nuevos ciclos del patógeno). Parcialmente, el producto flutriafol + azoxystrobin, presentó resultados similares.

No hubo efectos bioactivadores ni de control de mancha de hierro y mal rosado con el producto cyproconazole + thiamethoxam.

• En estrategias de control de arvenses de interferencia:

Se identificaron dos herbicidas pre-emergentes y uno post-emergente con potencial de ser evaluados en una aproximación experimental, para el control de arvenses durante la etapa de almácigo.

En el avance en la evaluación del germoplasma

• En rendimiento y uso eficiente de recursos (nutrientes, agua, carbono y radiación):

Se determinó la estructura poblacional de 670 introducciones de la Colección Colombiana de Café - CCC. Se consolidó información genética, agronómica, fisiológica y de calidad del germoplasma de café, base para el establecimiento de la colección núcleo.

El 56% del germoplasma Etíope de la CCC fue evaluado. Se determinó la variabilidad en términos de producción y tamaño de grano en este germoplasma. Se identificaron introducciones con resistencia a déficit/exceso hídrico y eficientes en el uso de nitrógeno y se espera validar este resultado en el campo.

Se avanzó en la búsqueda de un marcador funcional para la selección de materiales eficientes en el uso de nitrógeno y se exploraron caracteres fisiológicos para su incorporación en estrategias de mejoramiento de café.

- **En resistencia-tolerancia a factores bióticos limitantes presentes o potenciales:**

Se evaluó la resistencia genética a la roya en cruzamientos de Castillo® x *C. liberica*. Se exploraron nuevas fuentes de resistencia a roya y otros factores bióticos limitantes.

- **Calidad y propiedades nutraceuticas:**

Se avanzó en la determinación analítica de minerales y predicción de compuestos químicos mediante espectroscopia de infrarrojo cercano-NIRS y se inició la evaluación de la capacidad antioxidante del germoplasma de café.

Con el propósito de desarrollar materiales para pruebas regionales y entrega de variedades

- **En la obtención de variedades de café con énfasis en resistencia a factores bióticos:**

Se seleccionaron 50 progenies F5 de Caturra x Híbrido de Timor - HT por características agronómicas y resistencia a la roya, cuyos progenitores han mostrado resistencia a CBD. Igualmente, se seleccionaron progenies F2 con resistencia al CBD, que además presentan resistencia a roya y un tamaño de grano semejante al de la Variedad Castillo®.

Se seleccionaron progenies avanzadas con resistencia a la roya, provenientes de hibridación interespecífica.

Se establecieron 17 experimentos regionales en ocho localidades, incluyendo nuevos genotipos con elevada resistencia a la roya y al CBD, alta producción y buen comportamiento agronómico.

Se identificaron materiales híbridos de Castillo® x Etíopes con características sobresalientes de vigor (crecimiento y producción) y en 48 plantas seleccionadas se encontró respuesta importante en variables asociadas a la fotosíntesis. Igualmente, se analizó el comportamiento de híbridos F1, en condiciones de sol y sombra, con la expresión diferencial de genes posiblemente implicados en la adaptación a este tipo de condición ambiental.

- **Para hacer más eficiente la selección de genotipos:**

Se evaluaron en el campo y laboratorio diferentes progenies F1 usando la selección asistida para el gen S_{H3} de resistencia a roya. Se obtuvo evidencia de que dicho gen está confiriendo resistencia contra razas de roya que actualmente atacan líneas de Variedad Castillo® en el campo.

Se identificaron diferentes regiones sobre el mapa genético de *C. arabica* que estarían fuertemente asociadas al rendimiento y a otras características agronómicas de interés como: tamaño del grano, acidez, dulzor, contenido de lípidos y resistencia a la roya.

Con el objetivo de proteger al cultivo de limitantes potenciales de la producción

Lotes de las variedades resistentes entre 2 y 7 años de edad presentaron valores de infección por roya por debajo de 1,3% en promedio, mientras que en los lotes de variedades susceptibles de la misma edad, los promedios no fueron mayores de 19,0%. Producto del monitoreo en las Estaciones Experimentales, se aprecia que en el proceso de aparición de nuevas razas capaces de vencer la resistencia completa, se presentaron en todos los sitios, pero sin la prevalencia de las razas en el tiempo o en el espacio. En el estudio de epidemiología de la roya, mediciones durante el primer semestre del año a diferentes altitudes, a lo largo de la cuenca del río Risaralda, mostraron que la enfermedad se desarrolla más rápidamente a menores altitudes. Se continuó con la evaluación de la primera versión del Índice Compuesto de Infección de Roya (ICIR), utilizando series de tiempo más largas (hasta 30 años), con los registros de varias estaciones de la red climática cafetera. El ICIR muestra diferencias entre años de alta y baja presencia de la enfermedad para cada sitio evaluado. La integración de estos modelos a la plataforma agroclimática de Cenicafé permitirá generar alertas de manera diaria y regionalizada para todo el país.

En la búsqueda de las plantas hospedantes de la escama *Toumeyella coffeae* y de la cochinilla *Puto barberi* en agroecosistemas cafeteros de Norte de Santander, se procedió con la selección de 18 fincas cafeteras donde se trazaron cinco transectos, y en cada transecto se evaluaron todas las arvenses que presentaban cochinillas; se registraron 39 especies de arvenses. *Eirmocephala brachiata* presentó el mayor porcentaje de plantas atacadas por *P. barberi* con un 30,1%, seguido de *Sida rhombifolia*, *Conyza bonariensis*, *Amaranthus hybridus* y *Leonorus japonicus* que presentaron porcentajes de 21,1%, 17,6%, 16,9% y 16,0% respectivamente. Para la escama *T. coffeae* se registraron porcentajes de ataque de 11,4% en la arvense *Erato vulcanica*, 11,1% en *Leucaena leucocephala* y 8,9% en *Emilia sonchifolia*.

Se han preservado 120 cepas de *Beauveria bassiana*, 26 cepas de *Metarhizium*, 5 de *Verticillium* sp., 6 de *Lecanicillium* sp., 6 de *Trichoderma* sp., 20 de *Paecilomyces* sp., 26 de *Colletotrichum* y 10 de otros hongos. En la colección de insectos se cuenta hasta la fecha con 30.332 ejemplares de insectos plaga y benéficos de la zona cafetera, registrados en 20.263 números de catálogos, etiquetados con su respectivo código MEMB, en una base de datos administrada mediante el programa Specify 2.2. Tanto para la Colección de Microorganismos como para la Colección Entomológica de Cenicafé, se actualizaron los registros en la nueva plataforma del Registro Único Nacional de Colecciones Biológicas (RNC) ante el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

En el proyecto relacionado con el estudio de microorganismos de la zona cafetera colombiana, se han aislado de diferentes suelos, un total de 73 cepas de hongos promisorios por su capacidad para solubilizar fosfatos. Así mismo, se han almacenado 36 cepas de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre.

En 86 fincas del Valle del Cauca, con lotes menores a 2 años de edad, se realizó un muestreo no destructivo y posterior trabajo en el laboratorio, que permitió identificar los individuos de cochinillas que presentaron en su interior larvas o pupas de posibles parasitoides. En cinco fincas se encontraron individuos del género *Puto* parasitados por cuatro especies de Hymenoptera de la familia *Encyrtidae*; de éstas, dos especies pertenecen a los géneros *Hambletonia* y *Aenasius* cercano a *bolowi*. Éste es el primer hallazgo a nivel nacional de parasitoides de este género de cochinillas de la raíz del café.

Para desarrollar procesos para agregar valor a la calidad de café a los

subproductos y al aseguramiento de la calidad

Se produjo ácido láctico a partir de mucílago de café liofilizado, a escala de laboratorio, y se avanzó en los requerimientos de nutrientes, hidrólisis enzimática y pre-tratamientos del sustrato.

Se identificaron compuestos y características que demuestran el efecto de la temperatura y el sistema de fermentación en las cualidades de calidad del café.

Se estructuró la base de datos NIRS y las asociaciones de ésta con elementos del clima y suelo para la Denominación de Origen "Café de Tolima"; se inició el documento técnico para Denominación de Origen "Café de la Sierra"; se realizaron validaciones de modelos de certificación de origen de las DO reconocidas Café de Cauca, Café de Nariño y Café de Huila.

Se elaboraron bases de datos NIRS con muestras de *Coffea arabica* y *C. canephora*, y se generó una ecuación para estimar el contenido de cafeína en el café destinado para la fábrica de café liofilizado Buencafé.

PROGRAMA CAFICULTURA Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA

El Programa de Investigación de Caficultura y Variabilidad Climática de Cenicafé tiene como objetivo desarrollar estrategias de adaptación para asegurar la sostenibilidad de la caficultura Colombiana frente al riesgo asociado a la variabilidad climática, basado en conocimiento científico y tecnológico. Para el logro de este objetivo durante el año 2014 se tuvieron los siguientes avances de investigación:

Medición de amenazas y vulnerabilidades, identificación de oportunidades para adaptar la caficultura colombiana a la variabilidad climática

Red Climática convencional y automatizada, generando datos confiables. Se han instalado 105 estaciones automáticas las cuales transmiten información de elementos climáticos a la Plataforma Agroclimática Cafetera en tiempo cercano al real. Adicionalmente se ha logrado migrar la información histórica de las estaciones y desarrollar un nuevo aplicativo para digitar la información de las estaciones convencionales y la digitalización de información en papel.

Dinámica de interacción de la broca y el minador de la hoja del café con las variables de clima.

Se evaluó la dinámica de interacción de la broca y el minador de la hoja del café con las variables de clima, en un gradiente altitudinal en la cuenca del río Risaralda, Caldas. En broca, las curvas de crecimiento poblacional mostraron una relación significativa con la temperatura e inversa con la altitud, con una clara tendencia a la disminución en el tamaño poblacional del insecto en la medida en que se incrementa la altitud, con valores promedio de 779,7 individuos en la localidad más baja (1.132 m) en contraste con 14,5 en promedio para la localidad en la parte más alta (1.822 m) durante febrero y mayo de 2014. Después de un período seco de 2 meses continuos, en junio y julio, con un incremento de la temperatura media de 2°C se presentaron vuelos masivos de broca con la llegada de las primeras lluvias, con capturas de hasta 100.000 hembras adultas en trampas de alcohol, en la localidad a 1.132 m, en contraste con el mes de mayo con 13.759 capturas, o sea un incremento en los vuelos de broca del 86,2% en la primera semana de agosto. Los análisis muestran que los niveles de infestación por broca en los frutos del árbol se incrementaron de un 11,8% en el mes de mayo hasta un 34,1% en el mes de agosto de 2014.

De igual manera se midió el número de frutos en el suelo, el cual estuvo entre 7,0 y 10,1 frutos en promedio por árbol, de los cuales más del 65% estaban brocados, con promedios de 7 a 8 estados biológicos de broca en las localidades a 1.132 y 1.331 m. Los frutos de café infestados por broca que se caen al suelo sirven de reservorio y refugio al insecto para infestaciones posteriores en el árbol, ya que la broca continúa su desarrollo durante 140 días produciendo focos permanentes de nuevas generaciones de brocas que emergen de los frutos, para iniciar nuevamente el ataque de frutos sanos del árbol o del suelo. Los frutos brocados caídos son los que generan mayor impacto en la infestación en el árbol y, por consiguiente, son el principal problema en el manejo de la broca.

El nivel de infestación del minador de las hojas del caféto *Leucoptera coffeellum* evaluado en las cinco localidades no mostró correlación con la altitud ni con las variables de clima. Las poblaciones se mantuvieron por debajo del umbral de daño económico, que para el caso del minador está estimado en valores superiores al 30% de infestación en el lote. El porcentaje de infestación fluctuó entre 16,6% y 0,8%, valores que posiblemente obedecen a los altos niveles de parasitismo por *Closterocerus coffeellae*, con registros del 76% y 85% en todo el rango altitudinal del minador

de la hoja del caféto. Este endoparasitoide endémico es la especie más abundante y presente durante todo el año en las principales regiones cafeteras de Colombia, la cual mantiene las poblaciones del minador de la hoja del caféto bajo control natural, a diferencia de la broca del café, que es una especie exótica introducida de África y que no presenta niveles de parasitismo ni control natural tan altos por los enemigos naturales.

Caracterización del riesgo por movimientos en masa en la región cafetera colombiana.

Con el objetivo de caracterizar el riesgo ambiental por movimientos en masa en la zona cafetera del departamento de Caldas, se continuó con el estudio de riesgo ambiental a dicho fenómeno. En el año 2014 se tuvo un avance considerable en la fase de caracterización de la susceptibilidad.

La metodología se resume en cuatro fases: i) Caracterización de la susceptibilidad a los deslizamientos, ii) Caracterización y zonificación de la amenaza, que en este caso serán los umbrales de lluvia detonantes de deslizamientos, iii) Zonificación del riesgo ambiental por movimientos en masa detonados por lluvias, y iv) Aplicativo WEB que incluye recomendación de prácticas preventivas con localización específica.

La fase (i) fue la de mayor avance y se está trabajando bajo la metodología de superposición de mapas temáticos. Para lograr el propósito se tomó la información base del estudio de zonificación de suelos de la zona cafetera de Caldas escala 1:100.000, cuya información fue clasificada y verificada.

Comparación de datos de temperatura provenientes de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas.

El objetivo de esta investigación fue la comparación de los datos de temperatura de instrumentos convencionales e instrumentos automáticos, revisando si los datos de las estaciones automáticas se pueden usar sin alguna modificación. El estudio incluye mediciones de temperatura tomadas en la estación meteorológica convencional y automática Planalto, Manizales. La comparación de los datos registrados de los distintos instrumentos permite determinar que existen diferencias considerables entre éstos, y que es importante seguir realizando un seguimiento, para que la serie de datos con instrumentos automáticos sea homogénea con los datos de los instrumentos convencionales. En general, los datos obtenidos por los instrumentos automáticos son principalmente mayores que los registrados por los instrumentos convencionales.

Modelar matemáticamente los factores asociados con el cultivo del cafeto

Con un grupo multidisciplinario de investigadores y con el objetivo de **desarrollar y validar modelos para factores abióticos y bióticos asociados al sistema de producción del café**, se ha establecido una metodología general para el desarrollo de modelos matemáticos y se han propuesto una serie de actividades de investigación, cuyos resultados son el insumo para alcanzar los siguientes objetivos específicos:

Desarrollar la versión 1.0 del modelo de agua en la relación suelo-planta-atmósfera. De acuerdo con la metodología, el modelo de agua en relación suelo-planta-atmósfera está en la etapa de identificación y delimitación de los procesos a desarrollar.

Ajustar el modelo de producción potencial para las variedades Castillo y Tabi. Se están llevando los registros de flujo de energía, agua y carbono, en cinco sistemas de producción para Variedad Castillo®, para determinar si se requiere ajustar el modelo de producción potencial, para las variedades Castillo® y Tabi (Etapa de validación).

Construir el modelo conceptual de la floración del cafeto. En cuanto al modelo conceptual de la floración del cafeto, se está en la etapa de análisis del sistema y la información analizada ha mostrado lo siguiente: 1. Para las Zonas Norte (Cesar y Santander), Centro (Tolima, Caldas, Risaralda) y Sur (Cauca) la distribución de la floración se mantuvo independiente del evento climático (El Niño, La Niña, Neutro). En las Zonas Centro Norte y Centro Sur, representadas por las Estaciones Experimentales El Rosario-Antioquia y Paraguaicito-Quindío, durante el evento La Niña se presentó una mayor concentración de la floración entre octubre - abril, comparada con la presentada durante un año El Niño; 2. Existe un efecto sobre la diferenciación de botones florales en café, de tal manera que 40 días después de iniciado el experimento, 100% de los nudos de las plantas control permanecían indiferenciados, mientras que el 37% de los nudos expuestos a variaciones graduales en la duración del día (fotoperíodo), estaban diferenciados; 3. El rompimiento de la latencia está relacionado a cambios paulatinos en la amplitud térmica (AT), dados alrededor de 80 días antes de la apertura floral. Después de 70 días de iniciado el experimento, el 96% de los nudos de las plantas control permanecían latentes, mientras que el 27% de los nudos sometidos a cambios graduales en la

AT, rompieron la latencia y alcanzaron la preantesis; 4. Después de 6 días de restablecida la humedad del suelo, se dio inicio a la apertura floral, independiente de la humedad del suelo y entre mayor sea el estrés hídrico al que se someten las plantas mayor es el número de botones florales que superan el estado latente y alcanzan la preantesis; 5. El componente genético es un factor determinante, de tal manera que existen diferencias dentro del germoplasma de la Colección Colombiana de Café, en términos de número de flores por árbol y que los genotipos evaluados responden de manera diferente a una misma oferta ambiental; 6. En la variable número de botones florales por árbol se observaron diferencias entre Estaciones Experimentales y dentro de cada estación entre los años evaluados, sin que éstas puedan asociarse consistentemente a un evento climático en particular de El Niño, La Niña o Neutro; 7. Se han construido índices agrometeorológicos con los cuales se han determinado las condiciones ambientales que pueden favorecer o reducir la floración del cafeto en Colombia.

Ajustar el modelo de la broca del café. Para el ajuste del modelo de la broca del café en el componente de emergencia, se analizó el número de brocas adultas emergidas a partir de un número de frutos brocados en el suelo, desde noviembre de 2007 hasta agosto de 2010, durante cuatro ciclos productivos continuos, en cuatro altitudes contrastantes (1.218, 1.381, 1.470, 1.700 m), teniendo en cuenta las características de temperatura y altitud para cada localidad, ratificando el impacto que generan los frutos brocados del suelo en la infestación del árbol, como la influencia de la altitud y los eventos El Niño, La Niña y Neutro.

Identificar y generar estrategias que reduzcan el riesgo agroclimático

Esta línea de investigación tiene como objetivo general "Identificar y generar estrategias que reduzcan el riesgo agroclimático", para lo cual se desarrollaron las siguientes investigaciones:

Identificación y cuantificación de áreas con grado de exposición al déficit y exceso hídrico (Gestión del riesgo). Este estudio se está realizando mediante la estimación de la amenaza dada por la variabilidad climática entendida como los eventos de La Niña y El Niño (ENSO) y la estimación de la vulnerabilidad, mediante el desarrollo del índice de humedad del suelo - IHS, la determinación de los niveles de exceso y déficit hídrico y la espacialización del riesgo.

Épocas de siembra y renovación en escenarios de variabilidad climática.

En 109 estaciones climáticas de la Red Meteorológica de la Federación Nacional de Cafeteros se determinó el balance hídrico para los departamentos de Antioquia, Caldas, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Cundinamarca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca.

Variabilidad climática inter-anual asociada a El Niño-La Niña (ENSO) en la temperatura media del aire en la zona cafetera.

En 56 estaciones climáticas de la Red Meteorológica de la Federación Nacional de Cafeteros se evaluó mensualmente la temperatura media del aire, con el fin de determinar condiciones de variabilidad climática (Neutro, La Niña y El Niño), mediante la estimación de los percentiles al 50% y al 90%, para precisar la variabilidad de la temperatura media del aire.

Evaluación del riesgo a la erosión en la zona cafetera colombiana.

Se ha revisado el estado del arte para la relación entre el Índice Modificado de Fournier (IFM) y el factor R (erosividad) y modelos de zonificación de riesgo por erosión. Así como las unidades de suelos del departamento de Risaralda y el estado de la información disponible en SIG. Se realizaron ensayos preliminares con lluvia simulada, en muestras de suelo para 32 sitios del departamento. Se determinó la densidad aparente y conductividad hidráulica para las muestras recolectadas. Se encuentra en proceso el cálculo del IFM, a partir de los registros históricos de precipitación diaria de 17 estaciones climáticas en el departamento de Risaralda, entre los años 1997 a 2011. Se encuentra en desarrollo el documento definitivo de Erosividad para el departamento del Quindío.

Desarrollo de un sistema para detección de deficiencias nutricionales con visión artificial - caso nitrógeno.

Se realizaron pruebas para la detección de deficiencias nutricionales y se generó una base de datos, con videos en IR y visible en la Estación Experimental Paraguaicito, se exploraron diferentes índices de vegetación al conjunto de imágenes. Adicionalmente, se adquirieron cámaras de bajo costo para detección de clorofila en plantas, y sistemas sencillos para toma de imágenes desde el aire.

Evaluación de un método de fertilización nitrogenada específico por sitio.

Se han encontrado relaciones entre el índice NDVI generado por un equipo para tal fin, el cual ha permitido ajustar

la adición de fertilizantes nitrogenados, manteniendo la producción similar frente a tratamientos convencionales de alerta del elemento con base en el análisis del suelo.

Identificación de riesgos agroclimáticos potenciales en la zona cafetera.

Se estimaron los índices hídricos y térmicos para los departamentos de Nariño, Cauca, Huila, Tolima, Santander y Norte de Santander, Cesar, La Guajira, Cundinamarca y Boyacá, con toda la serie histórica de datos climáticos, clasificándolas por años El Niño, La Niña y Neutro. Se han calculado las épocas de siembra y renovación de cafetales para diferentes escenarios de variabilidad climática (El Niño - La Niña), para toda la zona cafetera de Colombia. Se tiene el documento completo sobre "Análisis del riesgo agrometeorológico frente a la variabilidad climática de la zona cafetera centro - occidental de Colombia: Exceso y déficit hídrico".

Desarrollo de alertas agroclimáticas y bioclimáticas.

Se han desarrollado reuniones de inicio para contextualizar a todos los asistentes en el uso y estado actual de la Plataforma Agroclimática Cafetera. Se definieron los requerimientos iniciales para la implementación del caso de uso de broca, roya y otras enfermedades.

GESTIÓN INTELIGENTE DEL AGUA - GIA

Este proyecto de la FNC promueve la sostenibilidad y seguridad hídrica en el sector cafetero colombiano.

Cenicafé es el encargado de asegurar el desarrollo de los proyectos Agua para una caficultura sostenible, Ecosistemas hídricos estratégicos y Decisiones responsables frente al agua, en los cuales se tienen los siguientes avances:

Agua para una caficultura sostenible. El objetivo de este proyecto es el de que 44 mil caficultores en 25 municipios de Antioquia, Caldas, Cauca, Valle del Cauca y Nariño mejoren los indicadores de desempeño ambiental y sus sistemas productivos para ser competitivos y sostenibles, gestionando los riesgos relacionados con el agua y con el clima. Este proyecto busca contribuir desde ocho líneas o paquetes de acción, desarrollados por un equipo interdisciplinario conformado por la Gerencia Técnica, la Fundación Manuel Mejía y Cenicafé, para que en las zonas de intervención del Programa GIA se implementen prácticas que

permitan la gestión integral del recurso hídrico, en términos de uso racional, conservación y mejoramiento de la calidad.

Este proyecto tiene como fundamento una **línea base** la cual permitió generar el diagnóstico de sostenibilidad de las 25 microcuencas en los componentes ambiental, económico y social. De acuerdo con los resultados de la caracterización, se construyeron las propuestas de implementación para las líneas de **Análisis económico en finca, Plan de Formación Multinivel, Programa de Asistencia Técnica, Plan de transferencia y sostenibilidad, y Diseño del Fondo del Agua.**

Por su parte para los **Planes de mejoramiento en finca - Beneficio**, a partir de la caracterización realizada a nivel de finca, se definieron las tecnologías de beneficio empleadas y el manejo de los subproductos de beneficio de café (pulpa y mucílago). Para cada microcuenca se generaron y analizaron: 1) los valores porcentuales del uso de las tecnologías de beneficio; 2) con los resultados del estudio de balance de contaminación se determinó la clasificación de fincas de acuerdo a la contaminación generada o rango de reducción en contaminación, que establece el porcentaje de fincas de cada microcuenca que hace un determinado control de vertimientos o manejo de los subproductos, y 3) con los valores de consumo específico de agua determinados por Cenicafé para las tecnologías de beneficio se realizó la agrupación de fincas de acuerdo al estimado en el consumo global de agua.

En cuanto a los **planes de mejoramiento en finca - STAR**, durante el 2014, a partir de los resultados obtenidos en la caracterización, se identificó: 1) el porcentaje de implementación de sistemas de tratamiento (entre domésticas y de beneficio) en las fincas; 2) el conocimiento que tienen las personas encuestadas en cuanto a la cantidad de agua que utilizan en su proceso; 3) el porcentaje de caficultores que realizan tratamiento a las aguas residuales del beneficio del café. Para el análisis de esta información se utilizó el Índice de Calidad Ambiental en el Proceso de Beneficio (ICAPBH), el Índice de Manejo de Agua en el Proceso de Beneficio (IMAPBH) y el Índice de Manejo de las Aguas Residuales Domésticas (IMARD).

Ecosistemas hídricos estratégicos. El objetivo de este proyecto es recuperar, proteger y cuidar los ecosistemas hídricos cafeteros, con el fin de contribuir a que los usuarios de 25 microcuencas de la zona cafetera, anexas a la macrocuenca Magdalena-Cauca, dispongan de una mayor cantidad y de una

mejor calidad físico-química y microbiológica del agua.

El proyecto consta de cuatro componentes: Un componente de bioingeniería para estabilización de suelos de ladera y cuencas hídricas, un manejo forestal para la conservación de cuencas y biodiversidad, un plan de renovación de cafetales con variedades resistentes y un estudio de viabilidad sobre oportunidades de pago por prestación de servicios ambientales.

Durante este primer año se elaboraron los planes de trabajo de un esquema de pago por prestación de servicios ambientales y del plan de renovación de cafetales con variedades resistentes. Según los resultados del diagnóstico, en las 25 microcuencas se evidenciaron falencias en el área de protección de fuentes hídricas, con una marcada desprotección de los drenajes naturales, cultivos próximos a las fuentes hídricas e inadecuada conducción y captación de las aguas lluvia. También se evidenciaron falencias en el uso del suelo, marcada por la poca presencia de árboles de conservación y en la planificación del uso del suelo y en el manejo integrado de arvenses. Se encontró una alta evidencia de erosión, susceptibilidad a los movimientos masales y falta de labores para su control.

Decisiones responsables frente al agua. El objetivo de este proyecto es diseñar e implementar un sistema integrado de monitoreo de agua y clima que proporcione información sobre el comportamiento climático e hidrológico en la zona cafetera colombiana, para generar alertas tempranas de prevención y adaptación a nivel local, regional y nacional.

El proyecto consta de tres componentes: Un sistema de monitoreo hidroclimático, un estudio de la calidad del agua de fuentes superficiales y la valoración de la huella hídrica asociada a la producción de café, aplicados en 25 microcuencas de la zona cafetera colombiana.

Durante este primer año se elaboraron los planes de trabajo de las estaciones hidroclimáticas y de la determinación de la huella hídrica del café.

En el plan de trabajo de estudios de calidad del agua se evaluó la calidad del agua de los cuerpos de agua seleccionados en cada una de las microcuencas GIA, utilizando el indicador de valoración de hábitat (SVAP). De igual manera, se realizó una encuesta para determinar los riesgos de disponibilidad del agua en las zonas objeto de estudio.

De acuerdo con los resultados del instrumento de encuesta, para el año 2013, los encuestados reportaron en más del 24% necesidad de riego en los cultivos y en más del 28% escasez de agua, siendo las principales fuentes de abastecimiento los acueductos veredales y los nacimientos propios o de predios vecinos, siendo oportuno realizar programas de sensibilización y capacitación para que los productores cuiden sus nacimientos para conservar la cantidad y la calidad del agua en los mismos, y de esta forma contribuir a mejorar la cantidad y la calidad del agua en los cuerpos principales de la cuenca.

La legalización de los permisos de concesión de aguas se puede constituir en una herramienta a través de la cual se apliquen estrategias que contribuyan a la conservación del recurso, y más aún si el permiso de concesión es para abastecimiento, dado que la principal fuente para este uso son los acueductos veredales.

De acuerdo a los estudios de valoración de hábitat (SVAP) realizados en las microcuencas, el índice SVAP tuvo valores entre 6,7 nivel regular-medio (microcuenca de Balboa-Cauca) y 2,6 nivel muy malo (microcuenca de Consacá-Nariño). En promedio el nivel de calidad del indicador SVAP en las microcuencas evaluadas fue de 4,9 que corresponde a un nivel de calidad malo.

Lo anterior justifica que se implementen las estrategias del programa GIA con el fin de mejorar los indicadores de calidad y cantidad de agua en las microcuencas del programa.

HUELLAS DE PAZ

El Convenio Huellas de Paz, iniciativa que hace parte de las alianzas estratégicas de cofinanciación que la Federación Nacional de Cafeteros realiza con organismos de Cooperación Internacional - la Fundación Humanismo y Democracia- H+D y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo -AECID, se encuentra en las fases del Verificar y Actuar del Sistema Integrado de Gestión Rural- SIGR.

En el año 2013-2014 se continuó con el acompañamiento y seguimiento no solo a los planes de acción sino también a las intervenciones hechas por cada uno de los Comités. Durante este período se desarrolló el contenido del módulo de formación "Buenas Prácticas para producir café de calidad"

en conjunto con los Investigadores de Cenicafé y la FMM; para el primer trimestre del año 2014 se llevó a cabo la capacitación al Servicio de Extensión y a los instructores SENA para el caso específico de los departamentos de Nariño y Cauca en este módulo, además de estructurar nuevos planes de mejoramiento para la corrección de las malas prácticas. Se continuó con los seguimientos a través de las matrices, a las intervenciones hechas en renovación de cafetales, adecuación e instalación de infraestructura productiva (beneficiaderos y secaderos), saneamiento básico, construcción de SITAR, SMTA, biodigestores y acueductos.

PROYECTO KfW

El Componente de Biodiversidad del Programa Forestal KfW tiene como objetivo mejorar el manejo de la biodiversidad por parte de los agricultores a través de la implementación del modelo "Construyendo un corredor de conservación en nuestra región cafetera" por medio del cual se están implementando "Herramientas de manejo del paisaje" y un sistema integrado de gestión en buenas prácticas agrícolas en las fincas de los caficultores que se encuentran en las áreas seleccionadas en siete microcuencas cafeteras. Este año se ha avanzado principalmente en la implementación de las herramientas del manejo del paisaje, el programa de educación, la consolidación del trabajo comunitario y el inicio de la implementación de buenas prácticas agrícolas con criterios de sostenibilidad.

En cuanto a la dimensión ambiental, para sembrar aproximadamente 1.400 ha de herramientas de manejo del paisaje (HMP) como cercas vivas, sistemas agroforestales de café, plantaciones con especies nativas y mini corredores, se han entregado 44.280 plántulas en las siete microcuencas del proyecto. La evaluación futura del efecto de la implementación de las HMP en las microcuencas proveerá información para adaptación de la caficultura al cambio climático. De otra parte, se realizó la definición de la infraestructura que permitirá mejorar el desempeño ambiental de las fincas, de los beneficiarios de las microcuencas a través de un proceso de definición de indicadores que permite con base en la línea base, y en la participación de los agricultores para establecer de forma objetiva y transparente las necesidades requerida en las fincas.

En cuanto a la dimensión social, se ha consolidado el trabajo comunitario a través de los comités comunitarios participativos de jardinería, residuos

sólidos, mejoramiento de vías y caminos, protección de humedales, protección de fauna, revisión de predios de la parte alta de la microcuenca El Burro, educación ambiental, y protección y recuperación del Cerro Morrón. A partir de los cuales se busca fortalecer el trabajo en equipo, la solidaridad, el fortalecimiento del capital social e inducir a la acción, sobre todo en materia de conservación, llevando así a las personas de la intención de conservar a la acción. De igual forma, se realizó el trabajo con las instituciones educativas que se encuentran ubicadas en la microcuenca resaltando la formalización de dos grupos de observadores de aves.

En cuanto a la dimensión económica se realizaron los análisis de calidad de café a los beneficiarios de las microcuencas, para iniciar con los planes de mejoramiento de acuerdo a los resultados obtenidos, en busca de mejorar la calidad del café y la productividad del mismo.

PROYECTOS COOPERACIÓN INTERNACIONAL

En Cenicafé se ha desarrollado una metodología que contribuye a la creación de una cultura de la sostenibilidad en el sistema de producción de café, fundamentada en el mejoramiento continuo y en la implementación de buenas prácticas agrícolas, definidas como la aplicación de las recomendaciones técnicas de Cenicafé, conocimientos disponibles y legislación para los tres componentes de la sostenibilidad: social, ambiental y técnico-económico, que le permitirán al caficultor evidenciar cambios con el fortalecimiento de las competencias de las personas que participan en la producción de café, mejoramiento de su bienestar, adecuaciones en la infraestructura productiva y la conservación de los recursos naturales.

La implementación de esta metodología se ha llevado a cabo a través de la participación del equipo de la Disciplina Sostenibilidad durante el 2014 en diferentes convenios entre la FNC y cooperantes internacionales, a continuación se presentan las principales actividades desarrolladas en Proyectos ejecutados durante este período:

- **Colombia Cafetera Sostenible Fase II.** Alianza público privada entre la FNC, la Embajada del Reino Unido de los Países Bajos en Colombia, la Fundación Douwe Egberts y la Gobernación del Cesar, con el objetivo de caracterizar el capital social de los beneficiarios del Proyecto

en los municipios de Agustín Codazzi, Becerril, Chiriguaná, Curumaní y la Jagua de Ibirico. Inicialmente se realizó la capacitación del Servicio de Extensión con la participación de la Fundación Manuel Mejía, y posteriormente se tomó la información relacionada con el capital social, análisis y entrega del informe final.

- **Caracterización del nivel de adopción de Buenas Prácticas Agrícolas - BPA en los componentes Técnico - Económico, Social y Ambiental en la zona cafetera de Támara Casanare.** En este estudio se realizó la caracterización a una población de 80 cafeteros beneficiarios del convenio FNC - Fundación Illy, se entregó el informe resultado de esta actividad a los cooperantes y a los cafeteros, y a partir del cual se han generado planes de mejoramiento en finca. Adicionalmente, se determinó realizar un Plan de Formación en temas relacionados específicamente con el manejo del recurso hídrico.

DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS

En el marco del Congreso ASIC 2014, Cenicafé participó con 12 ponencias orales y 30 pósters, los cuales se presentaron durante el evento de ciencia y academia del café más importante a nivel mundial. Así mismo, se realizó la atención y recorrido temático en las instalaciones de Cenicafé con el objetivo de mostrar los recursos con los que cuenta el Centro para desarrollar las investigaciones para los Caficultores Colombianos. En este evento se atendieron 78 visitantes procedentes de 23 países.

Durante la vigencia del 2014 se publicaron los Avances Técnicos No. 435 al No. 447 y la Revista Cenicafé Volumen 63 Número 1 y 2 y Volumen 64 Número 1, el libro Agroforestería y sistemas agroforestales con café, así como el Boletín Técnico Instrumentos para estimar el porcentaje de sombra en el cafetal.

En cuanto a la atención de visitantes, en el 2013 se recibieron 91 visitas a las instalaciones de Cenicafé, donde se atendieron 1.313 visitantes, entre los que se encuentran Caficultores, funcionarios de la Federación Nacional de Cafeteros, entidades cooperantes, centros de investigación, compradores de café y periodistas.

Una de las actividades más importantes desarrolladas por los Investigadores de Cenicafé, en el marco del Sistema de Gestión Integral, ligado al Acuerdo de Nivel de Servicio Construir y Utilizar Espacios de Interacción, se encuentran las 24 actividades de capacitación de los Extensionistas de todo el país, a los cuales asistieron 1.110 colaboradores del Servicio de Extensión, desde enero de 2014 hasta diciembre de 2014.

En el Acuerdo de Nivel de Servicio Divulgar y Usar los productos de Investigación se registraron 29.420 consultas al portal de Cenicafé por parte del Servicio de Extensión de la FNC y la publicación más consultada fueron los Avances Técnicos con 13.734 descargas. De manera general, el 55% del Servicio de Extensión consultó la página.

Durante el 2014 se realizó el despacho de aproximadamente 103.529 publicaciones físicas de los Avances Técnicas 415, 416, 417, 419, 422, 423, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433 y 434, la Revista Cenicafé vol. 61 No. 4 y vol. 62 No. 1, el Boletín Técnico No. 38, el Informe Anual de Cenicafé del 2013, los Anuarios Meteorológicos de los años 2011 y 2012, a todos los Comités de Cafeteros, Oficina Central y bibliotecas de canje en Colombia. Además, se entregó a cada uno de los Extensionistas de la FNC un ejemplar en físico del Manual del Cafetero Colombiano.

Desde el mes de agosto se viene actualizando semanalmente la página de Cenicafé y se tienen cerca de 12.000 suscriptores de la página, a los cuales se les envía la información de nuevas publicaciones y demás links de interés.

Otras actividades de formación y divulgación.

En cuanto al plan de formación, y las actividades de divulgación y transferencia, se destaca la implementación de los módulos del proyecto KfW “Conservando la biodiversidad de nuestro corredor” y “Produciendo Café con calidad en nuestro corredor” a 727 personas con el apoyo del SENA en las diferentes microcuencas. De igual forma, con el apoyo de la FMM, se realizó el Módulo de “Conservando el agua y el suelo de nuestro corredor y la guía de implementación “Mi finca soñada. Plan de corredor de mejoramiento”.

REGISTRO

En el 2013 el investigador de Cenicafé de la Disciplina de Suelos, Alveiro Salamanca Jiménez recibió el Premio Henry A. Jastro de la Universidad

de California y el premio “Junior Associate ship 2014-2019” del Centro Internacional Abdus Salam de Física Teórica (CIFT).

La Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN, otorgó a Cenicafé el Premio Nacional de Entomología Hernán Alcaraz Viecco, por el trabajo titulado “Los marcadores moleculares: una herramienta para estudiar el movimiento de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari)” de los investigadores Zulma Nancy Gil P.; Pablo Benavides Machado, Og Francisco Fonseca-De Souza, Flor Edith Acevedo y Eraldo Lima. La entrega de este premio se realizó durante el 40° Congreso de Entomología celebrado en la ciudad de Bogotá del 10 al 12 de Julio de 2013.

También SOCOLEN otorgó las Menciones de Honor al Premio Nacional de Entomología Hernán Alcaraz Viecco a la investigadora de Cenicafé: Diana María Molina Vinasco, de la Disciplina de Mejoramiento Genético, y a los investigadores de Cenicafé Jorge L. Jaramillo G., Esther C. Montoya, Pablo Benavides y Carmenza E. Góngora B.

ASCOLFI, en el XXXI Congreso de Fitopatología otorgó el Reconocimiento a la Vida y Obra de un Investigador de La Fitopatología en Colombia -Héctor Delgado Zambrano 2012 y 2013- al investigador Carlos Alberto Rivillas Osorio de la disciplina de Fitopatología de Cenicafé, como una forma de destacar su labor al servicio del estudio de las enfermedades de las plantas por más de 20 años y sus aportes en las investigaciones de las enfermedades del café y el manejo integrado.

El 18 de septiembre de 2014, en el XXV Congreso Brasileiro de Entomología, la investigadora de Cenicafé Marisol Giraldo Jaramillo recibió el primer lugar por su trabajo “Exigencias térmicas y número de generaciones de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera:Curculionidae), en una dieta artificial” con una parte de su tesis doctoral.

Fernando Gast H.

Director Investigación Científica y Tecnológica

Manizales, noviembre 21 de 2014



Programa Producción y Productividad





PROGRAMA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD

Durante el 2014, desde el Programa de Producción y Productividad se lideraron actividades que permitirán ajustar los factores de producción con el fin de maximizar la eficiencia en el uso de recursos, se generaron alternativas sostenibles de manejo de problemas fitosanitarios, se precisaron metodologías y se obtuvieron criterios para una mayor discriminación de las potencialidades del germoplasma y hacer más eficientes los procesos de selección de nuevas variedades de café, se fundamentaron los criterios de cosecha y postcosecha, y se argumentaron las metodologías para afianzar la calidad y procurar un mayor valor agregado a los subproductos.

Como grandes logros obtenidos a partir de los diferentes procesos de investigación en el programa, se destacan:

La publicación del libro “Agroforestería y sistemas agroforestales en café”; el otorgamiento de patentes de invención al grupo de Investigación de Postcosecha para las tecnologías Ecomill® y Fermaestro®; el reconocimiento de la Denominación de Origen protegido del café de Santander, como parte del trabajo de la Federación Nacional de Cafeteros, el Centro Nacional de Investigaciones de Café, el Comité de Cafeteros de Santander, el Servicio de Extensión del departamento y Almacafé; la identificación de compuestos y características que demuestran el efecto de la temperatura y el sistema de fermentación en las cualidades de calidad del café; la discriminación en germoplasma Etíope de la Colección Colombiana de Café-CCC de la variabilidad en términos productividad, eficiencia en uso de agua y nitrógeno; el reconocimiento de derecho de obtentor de variedad al genotipo CU1812, publicado en la Gaceta de Variedades Vegetales Protegidas del ICA; el establecimiento de pruebas regionales en ocho localidades, incluyendo nuevos genotipos con elevada resistencia a la roya y al CBD, alta producción y buen comportamiento agronómico; la identificación de nuevas especies de insectos y evaluaciones de preferencia y no preferencia, claves en la implementación de manejo integrado de plagas; la intensificación de muestreos que permiten reconocer las dinámicas y curvas de crecimiento de los principales problemas fitosanitarios y destacar la importancia de preservar la identidad genética de las variedades usando solamente semilla certificada de Cenicafe como mecanismo de amortiguamiento; y la generación de indicadores bioclimáticos, como

criterios para la toma de decisiones, a partir del reconocimiento de la potencialidad agroclimática en la caficultura colombiana.

Línea PPR0100

Conocimiento de los factores de producción a nivel regional y ajuste en los elementos del sistema

Avances en la actividad “Documentar y espacializar la información primaria de los estudios básicos de suelos, clima y topográficos para la zona cafetera del país y los elementos del sistema productivo”.

Se realizaron actividades de parametrización y actualización de las diferentes versiones de la base de datos del SIC@.

A cada uno de los lotes reportados en la base SIC@, a diciembre de 2013, por medio de rutinas de geoprocusamiento se le incorporó información climática proveniente de datos ráster (grilla o cuadrícula a una resolución espacial de 1 km) de Worldclim (<http://www.ccafs-climate.org/>), de variables de temperatura mínima, media y máxima mensual, y precipitación acumulada mensual. Adicionalmente, se realizó la actualización de capas de municipios y departamentos para Colombia, a partir de la información actualizada del IGAC (<http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/>). El procesamiento de la base de datos SIC@ se realizó por medio del software R, como resultado de esto se generó una tabla en formato “.csv” para cada departamento, que incluyó todas las variables que por defecto hacen parte de la base de datos, más rangos para la altura, densidad de siembra, edad del cafetal y las variables de clima.

Con la información anterior se generó un insumo que permite comparar la evolución de la caficultura en términos de áreas, en condiciones de los diferentes rangos altitudinales, tipo de manejo, rangos de edad, densidad y variedad, teniendo como base la Encuesta

Nacional Cafetera de 1997. En las Tablas 1 a la 4, se registran algunos de los criterios más importantes y su evolución departamental entre 2006 y 2013. En cuanto a los rangos de edad, la caficultura ha tenido un proceso de rejuvenecimiento y han disminuido notoriamente los cafetales mayores de 9 años, que en el 2006 correspondían al 47% del área, y que hoy representan la cuarta parte, mientras que los menores de 3 años, que para el 2006 representaban el 16%, hoy constituyen la tercera parte (Tabla 1).

Para la densidad de siembra, los cambios más representativos se constituyen en la reducción de áreas con menos de 4.250 plantas/ha, que a diciembre de 2013 disminuyó a 23%, comparado con el 45% en el 2006; algunos departamentos como Antioquia, Caldas y Quindío presentan, en más del 23% del área cafetera actual, densidades superiores a 6.250 plantas/ha, mientras departamentos como La Guajira, Magdalena, Cesar, Boyacá, Meta, Caquetá, Bolívar y Chocó, tienen un área superior al 40% en densidades menores de 4.250 plantas/ha (Tabla 2). Altitudinalmente los cambios entre 2006 y 2013 corresponden a una disminución en áreas en altitudes inferiores a 1.200 m y aumento por encima de 1.800 m (Tabla 3). Las variedades susceptibles, que en el

2006 cubrían un 70% del área cafetera, presentan los ajustes tecnológicos más sobresalientes, y a 2013 el 62% del parque cafetero se encontraba establecido con variedades resistentes (Tabla 4).

La parametrización ha servido para estructurar proyectos que Cenicafé se encuentra formulando o ejecutando, entre ellos GIA, Ciencia Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías, especialmente para los departamentos de Nariño, Santander, Norte de Santander, Cundinamarca, Boyacá, Magdalena y Caldas, y proyectos especiales como café de Támara. Adicionalmente, esta parametrización ha servido de insumo a la Gerencia Técnica para la estructuración del programa de renovación y otros programas especiales.

Dentro del convenio entre la empresa RD2 VISIO, el instituto de investigaciones agrarias de Francia (INRA) y Cenicafé se tuvo la visita de un pasante, con el cual se desarrollaron actividades de tipificación del sistema de producción en el departamento de Risaralda, en el cual se aplicará un modelo econométrico para identificar cómo toman las decisiones económicas los productores de café en la zona.

Tabla 1. Distribución del área cafetera colombiana por rangos de edad.

Departamento	Área de café. Año 2006 - 873.176 ha			Área de café. Año 2013 - 973.969 ha		
	Rango de edades (años)			Rango de edades (años)		
	< 3	>= 3 y <9	>=9	< 3	>= 3 y <9	>=9
Antioquia	18%	40%	42%	34%	47%	19%
Bolívar				56%	34%	10%
Boyacá	8%	21%	71%	31%	26%	43%
Caldas	23%	42%	35%	37%	45%	18%
Caquetá				49%	25%	26%
Casanare				38%	28%	35%
Cauca	13%	34%	53%	36%	35%	29%
Cesar	4%	16%	80%	28%	18%	55%
Chocó				46%	50%	4%
Cundinamarca	14%	26%	60%	23%	34%	43%
Huila	15%	53%	32%	38%	52%	9%
La Guajira	4%	13%	83%	22%	15%	64%
Magdalena	5%	10%	84%	30%	21%	49%
Meta				45%	28%	27%
Nariño	16%	44%	40%	34%	46%	20%
Norte de Santander	7%	21%	72%	27%	22%	52%
Quindío	20%	40%	40%	42%	39%	19%
Risaralda	27%	46%	27%	40%	46%	15%
Santander	11%	41%	48%	36%	37%	27%
Tolima	14%	30%	56%	34%	41%	25%
Valle del Cauca	14%	38%	48%	36%	33%	31%
Total	16%	37%	47%	35%	41%	25%

Tabla 2. Distribución del área cafetera colombiana por rangos de densidad.

Departamento	Área de café cultivada (año 2006)			Área de café cultivada (año 2013)		
	Rango densidad			Rango densidad		
	<= 4.250	>= 4.251 a 6.250	>= 6.251	<= 4.250	>= 4.251 a 6.250	>= 6.251
Antioquia	47%	44%	9%	22%	55%	23%
Bolívar				66%	32%	1%
Boyacá	78%	20%	3%	52%	45%	2%
Caldas	36%	35%	29%	20%	51%	29%
Caquetá				49%	50%	1%
Casanare				22%	75%	3%
Cauca	39%	42%	19%	18%	69%	12%
Cesar	72%	22%	6%	43%	53%	4%
Chocó				74%	25%	2%
Cundinamarca	62%	32%	6%	35%	57%	8%
Huila	32%	50%	18%	14%	72%	15%
La Guajira	75%	20%	5%	64%	33%	3%
Magdalena	80%	16%	4%	49%	48%	2%
Meta				63%	35%	2%
Nariño	20%	53%	27%	9%	71%	20%
Norte de Santander	58%	29%	13%	30%	59%	11%
Quindío	37%	37%	26%	23%	46%	31%
Risaralda	26%	51%	23%	15%	67%	18%
Santander	36%	48%	16%	11%	74%	15%
Tolima	55%	38%	8%	23%	68%	9%
Valle del Cauca	54%	36%	10%	35%	55%	10%
Total	45%	40%	15%	23%	62%	15%

Tabla 3. Distribución del área cafetera colombiana por rangos altitudinales.

Departamento	Área de café - Año 2006			Área de café - Año 2013		
	Rango altitud (m)			Rango altitud (m)		
	<= 1.200	>= 1.201 a <= 1.800	>= 1.801	<= 1.200	>= 1.201 a <= 1.800	>= 1.801
Antioquia	7%	72%	21%	6%	72%	22%
Bolívar				59%	41%	0%
Boyacá	18%	69%	14%	11%	72%	17%
Caldas	11%	79%	9%	7%	82%	10%
Caquetá				39%	60%	2%
Casanare				96%	4%	0%
Cauca	2%	81%	16%	1%	79%	20%
Cesar	38%	60%	2%	34%	60%	6%
Choco				0%	58%	42%
Cundinamarca	17%	79%	5%	11%	80%	8%
Huila	4%	87%	9%	3%	85%	12%
La Guajira	45%	51%	4%	46%	47%	7%
Magdalena	57%	42%	1%	50%	48%	2%
Meta				73%	27%	0%
Nariño	3%	55%	42%	1%	53%	46%
Norte de Santander	28%	69%	3%	19%	75%	6%
Quindío	11%	85%	4%	6%	89%	6%
Risaralda	4%	88%	8%	3%	89%	8%
Santander	19%	72%	9%	10%	78%	12%
Tolima	17%	71%	11%	12%	74%	14%
Valle del Cauca	4%	93%	4%	3%	91%	6%
Total	12%	77%	11%	9%	77%	14%

Tabla 4. Distribución del área cafetera colombiana por susceptibilidad a la roya.

Departamento	2006		2013	
	Susceptibilidad roya		Susceptibilidad roya	
	Resistente	Susceptible	Resistente	Susceptible
Antioquia	42%	58%	75%	25%
Bolívar			86%	14%
Boyacá	8%	92%	44%	56%
Caldas	44%	56%	69%	31%
Caquetá			48%	52%
Casanare			67%	33%
Cauca	16%	84%	56%	44%
Cesar	14%	86%	45%	55%
Chocó			48%	52%
Cundinamarca	31%	69%	63%	37%
Huila	14%	86%	50%	50%
La Guajira	11%	89%	31%	69%
Magdalena	10%	90%	40%	60%
Meta			65%	35%
Nariño	19%	81%	57%	43%
Norte de Santander	26%	74%	55%	45%
Quindío	34%	66%	53%	47%
Risaralda	43%	57%	70%	30%
Santander	54%	46%	85%	15%
Tolima	18%	82%	58%	42%
Valle del Cauca	25%	75%	57%	43%
Total	29%	71%	62%	38%

Avance en la actividad “Identificar en los elementos del sistema productivo (variedad, agronomía, cosecha postcosecha) los posibles puntos/niveles de ajuste para buscar una mayor productividad”.

Indicadores bioclimáticos como herramienta de planificación.

Un índice bioclimático tiene gran aplicación en la determinación de las condiciones que prevalecen antes de un evento fisiológico y permiten evaluar la duración del ciclo vegetativo y productivo del cultivo, así como su relación con las condiciones genéticas y de manejo. En café, estos índices asociados a los procesos fisiológicos de floración y desarrollo del fruto, se constituyen en herramientas clave de planificación. A partir de la adaptación de la metodología propuesta, con la información climática cargada, se obtuvieron 13 indicadores bioclimáticos, para cada uno de los puntos de la base de datos SIC@. Además, se incorporó, por geoprocésamiento, el indicador topográfico de pendiente del terreno. Teniendo en cuenta los resultados de investigaciones de Cenicafé que determinaron los valores de distribución de los indicadores bioclimáticos, se generaron los rangos en

los cuales se encuentran las mejores respuestas del cultivo y se obtuvo una aproximación al nivel de aptitud agroclimática (capacidad o potencial de la zona para el desarrollo exitoso del cultivo del café) que permitiera regionalmente definir el potencial de los sitios para la producción de café (Figura 1).

Para cada departamento cafetero se construyeron: Cuatro mapas temáticos que incluyen variables asociadas a la estructura productiva como ecotopos cafeteros, rangos de altura, clasificación de variedades de café por resistencia a roya y nivel de sombrío; siete mapas temáticos asociados a indicadores bioclimáticos, cinco pluviométricos y dos térmicos; y dos mapas de zonificación, uno correspondiente a la primera aproximación de Zonificación Agroclimática Cafetera y otro a la primera aproximación de Zonificación por Aptitud. Con el fin de consolidar el criterio de potencial agroclimático utilizando los parámetros de zonificación por aptitud y zonificación por altura sobre el nivel del mar, se priorizaron las zonas de mejor respuesta a las estrategias de renovación en Colombia.

La información parametrizada de la estructura cafetera, las variables climáticas y bioclimáticas, la información topográfica y los criterios de aptitud y potencialidad, incorporados como 90 atributos

nuevos en la estructura SIC@ y representados en los mapas temáticos descritos anteriormente, permitieron diseñar un taller titulado “Introducción al concepto de Indicadores Agroclimáticos y su uso como herramienta de Planificación Regional”, socializado durante la

Cumbre Nacional de Coordinadores de Extensión Rural, para el cual se elaboró un documento técnico, un instructivo de uso y se realizó la entrega a cada departamento de la base SIC@ con la información consolidada y los mapas temáticos.

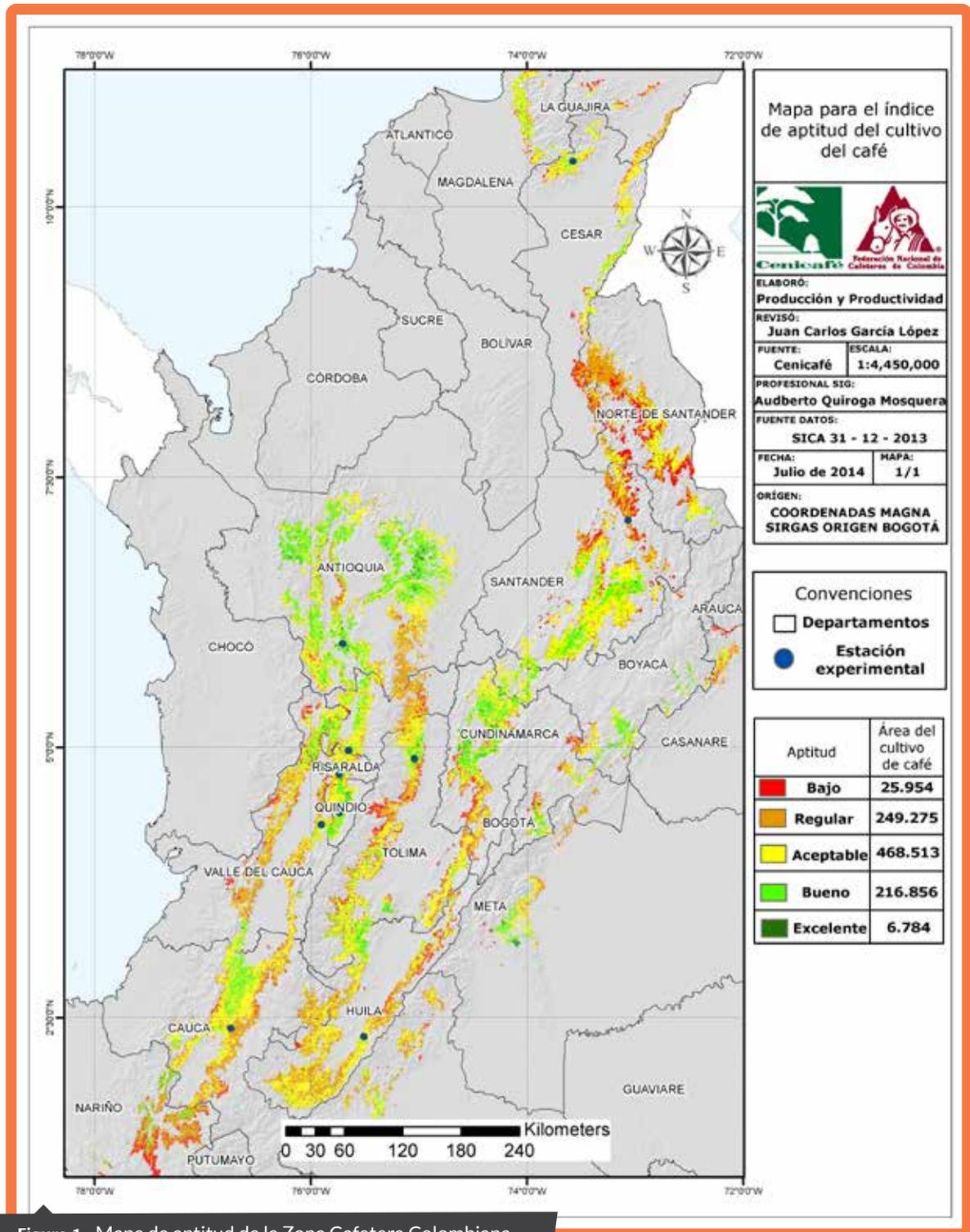


Figura 1. Mapa de aptitud de la Zona Cafetera Colombiana. Primera Aproximación.

Tipología de fincas de Risaralda: Análisis exploratorio de los datos.

Un análisis exploratorio de los datos, basado en un primer Análisis de Componentes Principales (ACP), permitió proyectar las fincas sobre ejes informativos. Los resultados muestran que los dos primeros ejes explican 34% de la variabilidad contenida en la base de datos. El eje 1 se explicó por información extrema que no permite una buena dispersión de los puntos, por lo cual un segundo ACP no los incluyó. Se eliminaron 8.760 fincas por su desviación en área y posteriormente 644 fincas situadas en zonas con grandes variaciones de temperatura y/o de precipitación.

Con la nueva base de datos se procedió al ACP. Los tres primeros componentes explican el 41,1% de la variación total; en las Figuras 2 y 3 se presentan las proyecciones de fincas y los círculos correlacionales.

Se diferencian tres grupos, uno ubicado en el cuadrante superior izquierdo, relacionado con semisombra y sombra, edad y altitud; un segundo, tecnificado joven, siembra al cuadrado con Variedad Castillo® a libre exposición solar de relación inversa

con el primero y, un tercer grupo, asociado a las variables de tamaño de la explotación. Estos tres grupos definieron el criterio de separación en el análisis clúster.

El clúster 1 se caracteriza por fincas que tienen un mayor tamaño. El clúster 2 es el grupo más grande de la muestra (74,5% de la muestra) y contiene características similares al clúster 1, pero las fincas son más pequeñas. La mayoría de estas fincas (clúster 1 y 2) son tecnificadas jóvenes, de sistema al cuadro, que cultivan particularmente la Variedad Castillo®. El clúster 3 contiene fincas pequeñas, que cultivan variedad Caturra, con sistemas tecnificados envejecidos.

Se consideró con RD2 VISION y el INRA la selección de 100 fincas que representarán cada uno de los tipos de sistema de producción en el departamento de Risaralda. La muestra final se constituyó con 9 fincas del clúster 1, 74 fincas del clúster 2 y 17 del clúster 3. La cantidad de fincas seleccionadas son proporcionales a la representatividad de los clúster.

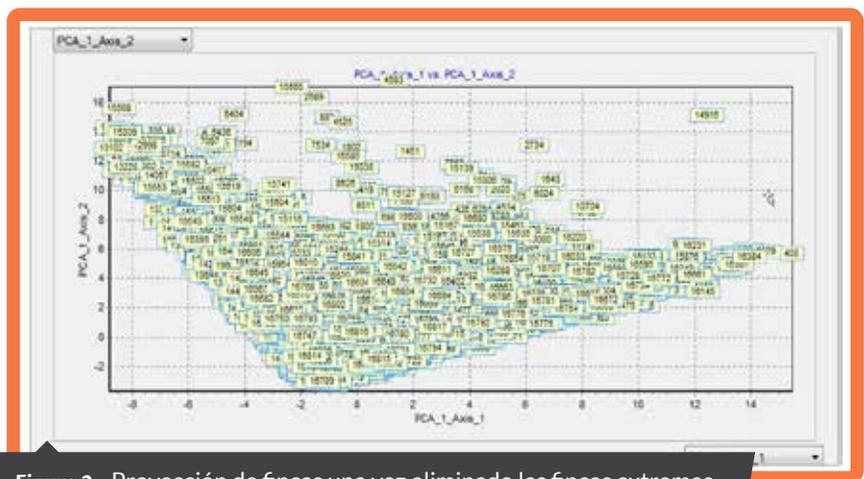


Figura 2. Proyección de fincas una vez eliminado las fincas extremas.

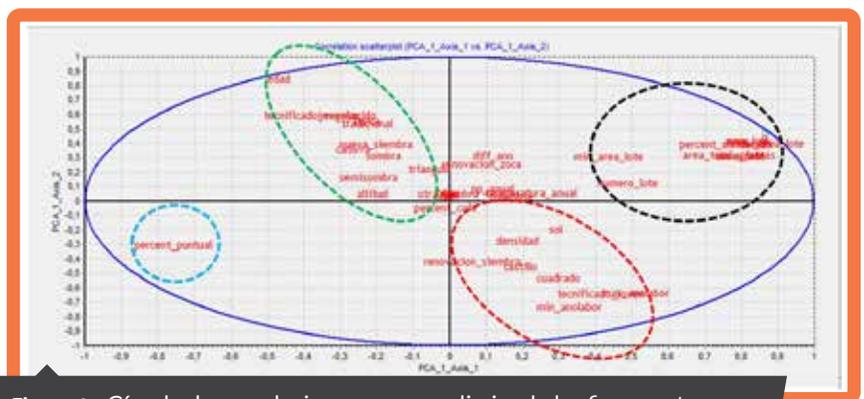


Figura 3. Círculo de correlaciones una vez eliminado las fincas extremas.

Línea PPR0200

Aumento de la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos ajustados a la oferta ambiental, teniendo como referencia la producción potencial

De acuerdo con los registros semestrales de producción en café cereza verde, para el pronóstico de cosecha, desde el 2001 hasta el 2010 y los registros de la misma variable, desde el 2011 hasta el primer semestre del 2014 (Figura 4), la estimación del promedio por hectárea en sacos de 60 kg de café verde, varió desde 4,5 a 11 sacos, ocurriendo este último valor en el segundo semestre del 2013 y el primer semestre del 2014. A su vez, para el primer semestre de 2014, en el 5,35% de las hectáreas sembradas en café, se produjo menos de un saco por hectárea; en el 53,97% de las hectáreas entre uno y diez sacos por hectárea; 25,28% entre 10 y 20 sacos y en el 15,4% más de 20 sacos, hasta un máximo de 85,3 sacos de café verde tipo exportación por hectárea. Estos resultados indican la magnitud de lo que puede aumentarse la producción en sacos de café por hectárea (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de hectáreas de acuerdo con la proyección en sacos de 60 kg de café verde, segundo semestre del 2014.

Producción (sacos)	Porcentaje de hectáreas
Menos de uno	5,35%
Entre 1 – 3	14,74%
Entre 3 – 7	24,06%
Entre 7 – 10	15,17%
Entre 10 – 20	25,28%
Mayor de 20	15,40%
Máximo observado	85,3 sacos

Analizar la información generada por Cenicafé, para soportar el efecto de las variables de clima sobre el comportamiento de la producción de café, en diferentes pisos térmicos. Con información registrada en las Estaciones Experimentales se logró identificar el efecto de períodos secos durante la formación de los frutos en la variable porcentaje de daño en la producción, de tal manera que si en los meses de diciembre, enero y febrero o en los meses de junio, julio y agosto, ocurren más de 30 días (continuos o discontinuos en los tres meses) con índice de humedad del suelo menor a 0,3 por cada día, el porcentaje de daño en los frutos se incrementa en un 0,64% (Expresión 1). La probabilidad de ocurrencia de este fenómeno está asociada con la capacidad de almacenamiento y la oferta ambiental, representada en las diferentes Estaciones Experimentales (Tabla 6). Por ejemplo, para la Estación Pueblo Bello, si se tiene un suelo con una capacidad de 14,4 mm y otro

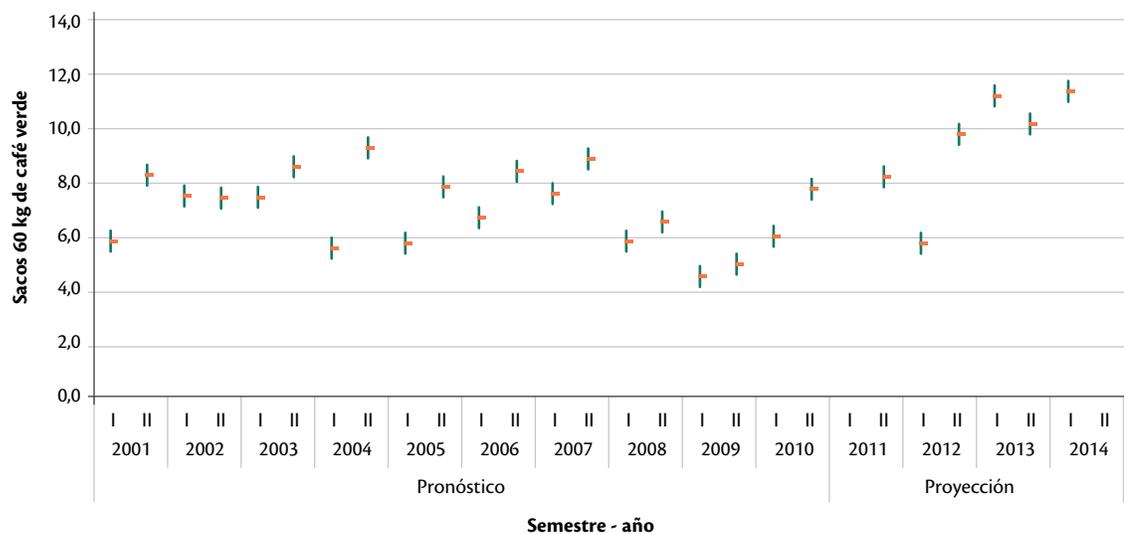


Figura 4. Comportamientos del promedio de la producción por hectárea en sacos de 60 kg.ha⁻¹ de café verde, de acuerdo con pronóstico de cosecha y proyección de producción.

con 173,6 mm la probabilidad de que ocurra en los meses de junio, julio y agosto, un evento de más de 30 días con Índice de Humedad del Suelo (IHS) menor a 0,3 es de 86,4% y 48,8%, respectivamente. Entre dos Estaciones como Naranjal y Ospina Pérez, para una capacidad de almacenamiento del suelo de 173,6, la probabilidad de que ocurra el evento mencionado es de 3,0% y 82,3%, respectivamente.

$$Y=0,64494x \quad \text{Expresión (1)}$$

$$R^2=0,92$$

$$\sqrt{CME}=5,97\%$$

Donde:

x=Número de días con IHS menor a 0,3
Y=Porcentaje de daño en la producción

Tabla 6. Probabilidad asociada con el evento más de 30 días con IHS menor a 0,3, en los meses de junio, julio y agosto, por estación y capacidad de almacenamiento del suelo.

Estación	Capacidad de almacenamiento (mm)			
	14,4	61,2	81,6	173,6
Bariloche (Antioquia)	100,0	25,6	20,5	2,6
Pueblo Bello (Cesar)	86,4	59,1	53,0	48,8
La Suecia (Cauca)	93,8	62,5	37,5	19,0
El Rosario (Antioquia)	96,3	35,2	25,9	11,0
Naranjal (Caldas)	95,8	28,3	18,0	3,0
Ospina Pérez (Nariño)	88,7	87,0	83,9	82,3
La Esperanza (Quindío)	92,3	64,1	51,3	38,5

Con el modelo de producción potencial para el cultivo del café, se logró identificar el efecto de la disminución de horas de brillo solar con su respectiva temperatura, en la disminución de la producción, de tal manera que pueden ocurrir reducciones en producción del 22,2%, 12,9% y 2,8%, correspondiente a una disminución de horas de brillo solar del 63,0%, 21,3% y 16,6%, respectivamente (Tabla 7).

Tabla 7. Disminución de la producción potencial, asociada con la disminución en horas de brillo solar (HBS).

HBS (%)	Producción (%)
63,0	22,2
35,6	12,3
34,1	8,0
21,3	12,9
16,6	2,8
11,9	12,9
5,6	10,4

Es de anotar que el número de horas de brillo solar acumuladas en los meses de mayo a octubre, en años La Niña, no necesariamente es menor que el acumulado de horas de brillo solar para años Neutro en los mismos meses, como el caso de las Estaciones Blonay, El Cedral, Granja Luker, Jorge Villamil y Pueblo Bello, con cero probabilidad de ocurrencia, mientras que para otras estaciones, la probabilidad varía entre 7,7% y 36,4% (Tabla 8).

Tabla 8. Probabilidad asociada al número de horas de brillo solar acumuladas en los meses de mayo a octubre en años La Niña menor que en años Neutro.

Estación	Probabilidad
Blonay	0,0
Cenicafé	25,0
El Cedral	0,0
El Rosario	7,7
Francisco Romero	12,5
Granja Luker	0,0
Jorge Villamil	0,0
La Bella	22,2
Manuel Mejía	36,4
Ospina Pérez	8,3
Paraguacito	8,3
Pueblo Bello	0,0

De acuerdo con los registros de floración en las Estaciones Experimentales antes del 2013, se estableció la distribución de la producción por departamento (Tabla 9), para el primer semestre del año. Durante el año 2013, en cada una de las Estaciones Experimentales se llevó el registro de la producción en un lote y se observaron cambios en dicha distribución en los departamentos de Antioquia, Santander, Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca y Cauca.

Simular para Colombia, la producción potencial de café por hectárea y por zona, en ambientes para años El Niño, La Niña y Neutro.

Para el desarrollo de esta actividad se aplicó el modelo de simulación para la producción potencial del cultivo del café, cuya estructura modular se ilustra en la Figura 5. En este modelo, la producción sólo está afectada por las variables exógenas de temperatura y brillo solar. Otras condiciones, como fertilización, manejo del cultivo y suelo, entre otras, se suponen adecuadas para el cultivo. Con este modelo (Figura 6) se simuló en 13 sitios, la producción potencial en cargas de café pergamino seco por hectárea, para lotes sembrados

Tabla 9. Distribución de la cosecha de café por departamento de acuerdo con registros de floración (Arcila) y registros de producción en Estaciones Experimentales de Cenicafé.

Zona	Departamento	Distribución producción (Arcila)		Distribución producción (Estaciones Experimentales)	
		Sem. I	Sem. II	Sem. I	Sem. II
Norte	Cesar	0	100	0	100
	La Guajira	0	100	0	100
	Magdalena	5	95	5	95
	Norte de Santander	30	70	30	70
Centro Norte	Antioquia	30	70	37	63
	Boyacá	20	80	20	80
	Casanare	10	90	10	90
	Cundinamarca	75	25	75	25
	Meta	20	80	20	80
	Santander	25	75	17	83
Centro Sur	Caldas	25	75	29	71
	Quindío	40	60	54	46
	Risaralda	35	65	25	75
	Tolima	50	50	30	71
	Valle del Cauca	50	50	50	50
Sur	Caquetá	20	80	20	80
	Cauca	75	25	85	15
	Huila	40	60	40	60
	Nariño	90	10	90	10

con Variedad Castillo® y una densidad de 5.000 plantas/ha, en escenarios de años El Niño, La Niña y Neutro (ENSO), para un período de 5 años del cultivo, comprendiendo 2 años del crecimiento vegetativo y 3 años de producción (Tabla 10). En cada una de las condiciones del ENSO se tomó como referencia el sitio con mayor producción, para establecer la

diferencia porcentual, criterio con el cual se construyó el primer mapa de producción potencial. El acumulado de producción potencial simulada osciló entre 78,6 y 148,6 cargas de 125 kg de café pergamino seco, representando en promedio por hectárea - año, 26,2 y 49,5 cargas, respectivamente.

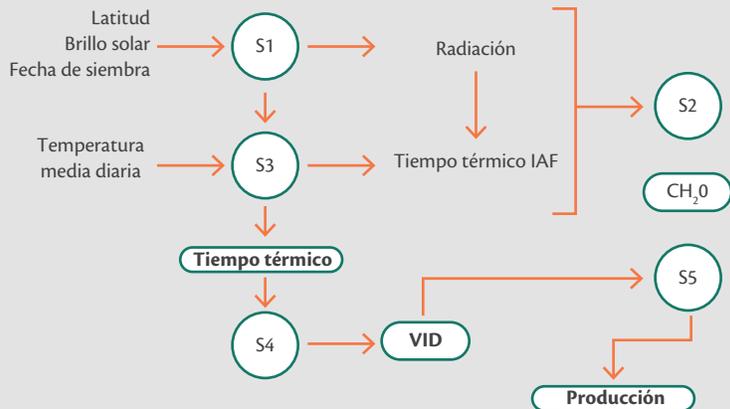


Figura 5. Diagrama modular nivel de producción I: Producción potencial del cultivo del café.

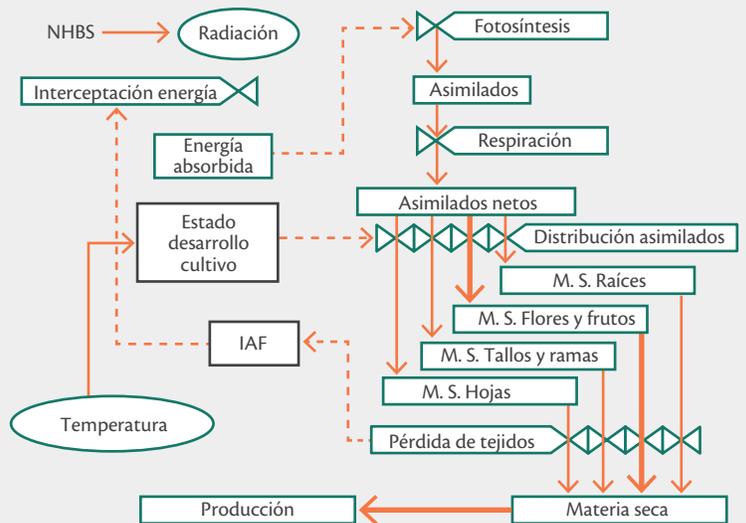


Figura 6. Diagrama de Forrester para la producción potencial del cultivo del café en Colombia.

Tabla 10. Producción potencial acumulada en cargas de café pergamino seco por hectárea, de acuerdo con el sitio y eventos el ENSO, en 5 años del cultivo, desde siembra.

Sitio	El Niño	La Niña	Neutro
Naranjal	147,7	129,6	135,8
Blonay	148,6		144,9
El Cedral	78,6		
Francisco Romero	140,8	140,6	140,0
Jorge Villamil	135,2	133,2	132,7
Ospina Pérez	141,8	140,2	139,0
Paraguaicito	144,0	144,5	142,9
Cenicafé	146,4		147,3
Granja Luker	133,1		135,5
La Bella	134,0		131,2
Manuel Mejía	139,2	131,6	140,8
Pueblo Bello	147,2	140,4	147,4
El Rosario	134,8	135,9	138,8

Como se puede apreciar en el mapa (Figura 7) y verificar en la Tabla 11, el Cedral es el sitio donde se da la mayor diferencia de la producción potencial en años El Niño, la Estación Naranjal en años La Niña, y en La Bella en años Neutro.

Tabla 11. Diferencia porcentual de producción potencial acumulada del sitio con respecto a la producción potencial máxima acumulada, ocurrida dentro del mismo evento ENSO.

Sitio	El Niño	La Niña	Neutro
Naranjal	0,6	10,3	7,9
Blonay	0,0	-	1,7
El Cedral	47,1	-	-
Francisco Romero	5,2	2,7	5,0
Jorge Villamil	9,0	7,8	10,0
Ospina Pérez	4,6	3,0	5,7
Paraguaicito	3,1	0,0	3,1
Cenicafé	1,5	-	0,1
Granja Luker	10,4	-	8,1
La Bella	9,8	-	11,0
Manuel Mejía	6,3	8,9	4,5
Pueblo Bello	0,9	2,8	0,0
El Rosario	9,3	6,0	5,8
Producción máxima (Cargas)	148,6	144,5	147,4

Establecer estrategias para alcanzar la producción potencial de café en Colombia. Se seleccionó en la Estación Experimental La Catalina, un lote de 0,86 hectáreas, sembrado en enero 18 de 2012, con 3.542 plantas de Variedad Castillo®, correspondientes a una densidad de 5.000 plantas/ha.

Para estas condiciones se simuló la producción potencial al 30 de mayo del 2014. Como la producción

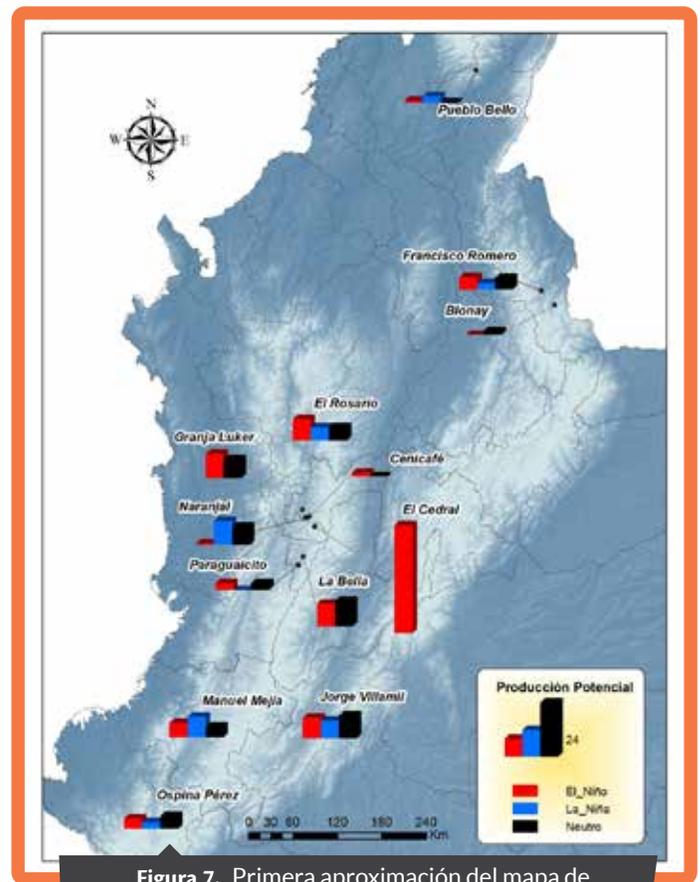


Figura 7. Primera aproximación del mapa de producción potencial.

observada (16,8 cargas) es menor que la simulada (26,3 cargas), el grupo interdisciplinario analizó y definió las siguientes estrategias para acercar la producción observada a la potencial: ajustar la fertilización y hacer evaluaciones de infestación por broca e infección por roya, para controlarlas en el caso que se requiera. En la primera evaluación los niveles de infestación y de infección fueron del 1,1% y 4,1%, respectivamente (Figura 8).

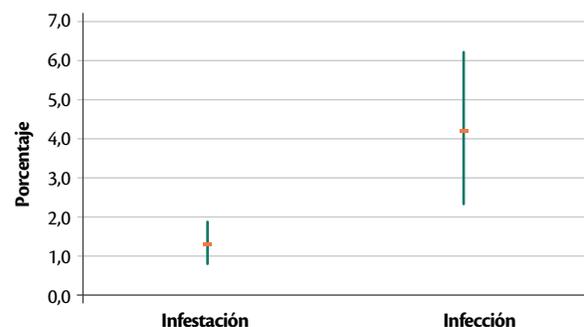


Figura 8. Porcentajes de infestación por broca e infección por roya. Estación Experimental La Catalina.

Línea PPR0300

Aumento de la eficiencia de los factores de producción

Generar recomendaciones que permitan aumentar la eficiencia en los factores de producción de café y, por ende, la productividad en sistemas de producción de café a través de la integración de los factores de producción con especial énfasis en los factores de manejo.

Evaluación de estrategias de adaptación de siembras nuevas de café al exceso hídrico. Bajo condiciones de invernadero con cubierta plástica, en Cenicafé se evaluaron diferentes estrategias para reducir el efecto del exceso hídrico, entre las cuales se tiene el uso de hongos de asociación simbiótica como micorrizas, el uso de *Trichoderma* sp. y la aplicación de fuentes solubles de bases como calcio y magnesio. En total, se evaluaron 25 tratamientos bajo las condiciones de riego controlado y con exceso hídrico, en almácigo de café Variedad Castillo® sembrado en bolsas de 35 x 24 cm, el cual se mantuvo en esta etapa durante 8 meses.

Al finalizar la etapa de almácigo, la cantidad de agua aplicada en la condición de control, alcanzó un volumen total de 11,5 L y para la condición de exceso hídrico 29,9 L. En la Figura 9, se muestra el volumen de agua aplicado por

planta, éste se mantuvo igual los primeros 3 meses para los dos niveles; sólo después de la aplicación de todos los tratamientos, a partir del cuarto mes, los niveles de riego fueron aplicados bajo las condiciones de control y de exceso hídrico. Se pudo evidenciar que a medida que las plantas en la etapa de almácigo incrementan su edad la necesidad de riego se hace mayor, como consecuencia del aumento en el crecimiento y desarrollo de éstas.

El análisis de la materia seca mostró descriptivamente los mayores pesos para la parte aérea de las plantas, cuando se aplicaron los tratamientos con la combinación de Mg+P+*Trichoderma*+Micorriza y K+P+*Trichoderma*+Micorriza (Tabla 12). Para la materia seca de la raíz, en la condición controlada, los mayores valores se obtuvieron con la combinación de *Trichoderma*+Micorriza y Mg+*Trichoderma*+Micorriza; bajo la condición de exceso hídrico, los mayores valores se obtuvieron con la combinación de Mg+P+*Trichoderma*+Micorriza y con zeolita (Tabla 13).

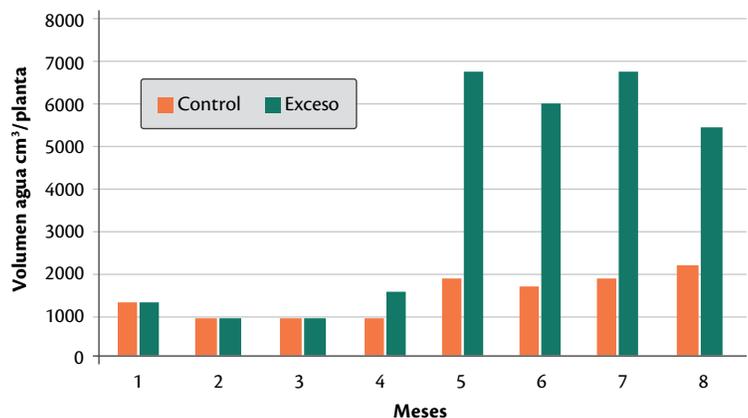


Figura 9. Volumen de agua aplicada por planta bajo los tratamientos de control de humedad y exceso de humedad.

Tabla 12. Promedio de la materia seca aérea en plantas de café con aplicación de bases solubles y microorganismos, bajo dos niveles de riego.

Riego controlado		Riego con exceso	
Peso aéreo (g)	Tratamiento	Peso aéreo (g)	Tratamiento
30,4 a*	Mg+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	23,6 a	Mg+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
30,3 a	K+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	21,0 ab	K+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
29,2 a	Ca	20,9 ab	Ca+Mg+K+P
28,9 a	<i>Trichoderma</i> + Micorriza	20,5 ab	P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
28,0 a	Ca+Mg+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	20,4 ab	Ca+Mg+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
27,4 a	Ca+Mg+K+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	18,9 ab	Ca+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
26,9 a	Mg+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	17,7 ab	Zeolita
24,9 a	Ca+K	16,6 ab	Zeolita+Mg+Ca+K
24,8 a	Micorriza	16,6 ab	N

Continúa...

...continuación

Riego controlado		Riego con exceso	
Peso aéreo (g)	Tratamiento	Peso aéreo (g)	Tratamiento
24,2 a	Ca+Mg	16,1 ab	K+P
23,3 a	K+P	16,1 ab	Mg+K,Mg+P
21,0 a	N	15,5 ab	P
20,9 a	Mg+K,Mg+P	15,2 ab	Ca
20,8 a	P+Trichoderma+Micorriza	15,0 ab	Ca+Mg
18,4 a	P	14,4 ab	Ca+Mg+K+P+Trichoderma+Micorriza
16,1 a	Trichoderma	11,3 ab	Trichoderma + Micorriza
15,3 a	Ca+Mg+K+P	11,0 ab	Ca+K
15,2 a	K	9,7 ab	Ca+K+Trichoderma+Micorriza
13,3 a	Mg+K+Trichoderma+Micorriza	9,7 ab	Mg
11,7 a	Zeolita+Mg+Ca+K	9,5 ab	Trichoderma
11,4 a	Zeolita	8,0 ab	K+Trichoderma+Micorriza
11,2 a	Mg	7,9 ab	Micorriza
11,0 a	K+Trichoderma+Micorriza	7,3 ab	K
10,7 a	Ca+Trichoderma+Micorriza	5,4 b	Mg+K+Trichoderma+Micorriza
9,5 a	Ca+K+Trichoderma+Micorriza	4,8 b	Mg+Trichoderma+Micorriza

* Letras distintas presentan diferencias estadísticas entre promedios, según prueba Duncan al 5%.

Tabla 13. Promedio de la materia seca de raíces en plantas de café con aplicación de bases solubles y microorganismos bajo dos niveles de riego.

Riego controlado		Riego con exceso	
Peso raíz (g)	Tratamiento	Peso raíz (g)	Tratamiento
10,6 a*	Trichoderma + Micorriza	8,6 a	Mg+P+Trichoderma+Micorriza
10,6 a	Mg+Trichoderma+Micorriza	8,3 ab	Zeolita
9,6 ab	Ca+Mg+Trichoderma+Micorriza	7,6 abc	Ca+Mg+Trichoderma+Micorriza
9,4 ab	Ca	6,5 abc	Zeolita+Mg+Ca+K
9,0 ab	Trichoderma	6,1 abc	Trichoderma + Micorriza
8,8 ab	Ca+K	5,6 abc	Ca+Trichoderma+Micorriza
8,5 ab	Micorriza	5,2 abc	P+Trichoderma+Micorriza
7,3 ab	Mg+P+Trichoderma+Micorriza	4,9 abc	N
7,3 ab	Ca+Mg+K+P+Trichoderma+Micorriza	4,8 abc	K+P+Trichoderma+Micorriza
7,3 ab	Ca+Mg	4,7 abc	Ca+Mg+K+P
7,2 ab	K+P+Trichoderma+Micorriza	4,6 abc	Ca
6,6 ab	P+Trichoderma+Micorriza	4,6 abc	Ca+Mg
6,1 ab	N	4,5 abc	Mg
5,3 ab	Mg+K,Mg+P	4,5 abc	Micorriza
4,8 ab	K+P	4,1 abc	Trichoderma
4,7 ab	K	4,0 abc	K+Trichoderma+Micorriza
4,6 ab	P	3,9 abc	K+P
4,5 ab	Zeolita	3,4 abc	P
4,2 ab	Mg	3,4 abc	Mg+K,Mg+P
4,0 ab	K+Trichoderma+Micorriza	3,2 abc	Ca+K
3,4 ab	Mg+K+Trichoderma+Micorriza	3,1 abc	Ca+Mg+K+P+Trichoderma+Micorriza
3,3 ab	Ca+Mg+K+P	2,8 abc	Mg+Trichoderma+Micorriza
2,5 b	Ca+Trichoderma+Micorriza	2,4 bc	Ca+K+Trichoderma+Micorriza
2,5 b	Zeolita+Mg+Ca+K	2,2 c	Mg+K+Trichoderma+Micorriza
2,2 b	Ca+K+Trichoderma+Micorriza	1,7 c	K

* Letras distintas presentan diferencias estadísticas entre promedios, según prueba Duncan al 5%.

Cuando se analizó el peso de la materia seca total en cada condición de riego se encontró que tanto en la condición de exceso hídrico como en la condición de control, los tratamientos combinados de Mg+P+*Trichoderma*+Micorriza y Ca+Mg+*Trichoderma*+Micorriza muestran altos valores promedio de biomasa (Tabla 14).

El efecto del exceso hídrico sobre el peso de la materia seca total mostró una reducción del 29% con respecto a la condición de riego controlado; los resultados obtenidos con las alternativas de combinación de bases, micorriza y *Trichoderma* son promisorios para su uso en etapa de almácigo, establecimiento y levante de cafetales en el campo, expuestos a altas precipitaciones, frente a eventos como La Niña y en suelos con alta retención de humedad.

Evaluación de la práctica de redescopado en cafetales establecidos con colinos descopados. En la localidad de Palestina - Caldas, se realizó la evaluación de la práctica de “redescopado”

en cafetales de primer año de establecidos con colinos descopados. En este sistema de cultivo se tiene como objetivo asegurar la formación de dos tallos por planta, que permiten reducir los costos de instalación en la renovación a partir de siembras.

Observaciones previas a la evaluación de la práctica de “redescopado”, permitieron determinar que después de la siembra de los colinos descopados en el campo, se presenta un porcentaje de sitios en los cuales uno de los tallos no continúa su crecimiento normal, modificándose así la densidad de tallos inicial con la cual se estableció el sistema (Figura 10). Esta condición de desuniformidad puede generarse desde la etapa de almácigo, como consecuencia de la competencia por espacio entre los colinos de café dispuestos en hileras.

En un lote de 6 meses de edad, establecido con colinos descopados, se encontró que el 17% de las plantas presentaban un solo tallo; sobre estas plantas se aplicaron los dos métodos de poda para evaluar

Tabla 14. Promedio del peso de la materia seca total en plantas de café con aplicación de bases solubles y microorganismos bajo dos niveles de riego.

Riego controlado		Riego con exceso	
Peso total (g)	Tratamiento	Peso total (g)	Tratamiento
39,5 a*	<i>Trichoderma</i> + Micorriza	32,2 a	Mg+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
38,6 a	Ca	28,0 ab	Ca+Mg+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
37,7 a	Mg+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	26,1 ab	Zeolita
37,6 a	Ca+Mg+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	25,7 ab	K+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
37,5 a	K+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	25,6 ab	P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
37,5 a	Mg+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	25,6 ab	Ca+Mg+K+P
34,7 a	Ca+Mg+K+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	24,5 ab	Ca+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
33,7 a	Ca+K	23,1 ab	Zeolita+Mg+Ca+K
33,3 a	Micorriza	21,5 ab	N
31,5 a	Ca+Mg	20,0 ab	K+P
28,1 a	K+P	19,8 ab	Ca
27,4 a	P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	19,6 ab	Ca+Mg
27,1 a	N	19,5 ab	Mg+K,Mg+P
26,1 a	Mg+K,Mg+P	18,9 ab	P
25,1 a	<i>Trichoderma</i>	17,6 ab	Ca+Mg+K+P+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
23,1 a	P	17,4 ab	<i>Trichoderma</i> + Micorriza
19,9 a	K	14,2 ab	Mg
18,6 a	Ca+Mg+K+P	14,2 ab	Ca+K
16,7 a	Mg+K+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	13,7 ab	<i>Trichoderma</i>
16,0 a	Zeolita	12,4 ab	Micorriza
15,4 a	Mg	12,1 ab	Ca+K+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
15,0 a	K+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	12,0 ab	K+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
14,2 a	Zeolita+Mg+Ca+K	8,9 b	K
13,2 a	Ca+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	7,7 b	Mg+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza
11,7 a	Ca+K+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza	7,6 b	Mg+K+ <i>Trichoderma</i> +Micorriza

* Letras distintas presentan diferencias estadísticas entre promedios, según prueba Duncan al 5%.

su respuesta en el número de tallos obtenidos y en uniformidad de desarrollo. Después de 48 días de haber realizado la labor, el 91% de las plantas con redescopado y corte de las ramas laterales (método 2), formaron dos tallos, mientras que en las plantas con redescopado a las cuales se le dejaron las ramas laterales (método 1), sólo el 34% habían desarrollado los dos tallos, el 50% no presentaban respuesta y el 15% formaron un solo tallo. En la tercera evaluación, a los 273 días, se encontró que las plantas con redescopado respondieron a la formación de dos tallos en un 90% cuando se aplicó el método 2 y en un 78% cuando se aplicó el método 1 (Figura 11).

Complementario a la evaluación de la respuesta en número de tallos obtenidos por planta, se observó la uniformidad en el desarrollo de los tallos, calificando

como uniformes las plantas con los dos tallos bien formados y con mínima diferencia en altura; la calificación de desuniformidad correspondió a la formación de un solo tallo o muerte de la planta. Con el método dos se obtuvo el 75% de tallos bien desarrollados y uniformes y con el método uno el 64% (Figura 12).

El redescopado como práctica para recuperar la densidad de tallos inicial por hectárea, de plantas establecidas bajo el sistema de colinos descopados, es una alternativa técnica y la mejor respuesta de esta práctica se obtuvo con el método de eliminación del primer par de ramas laterales por debajo de la poda del tallo, dando una mayor precocidad en el desarrollo y en la uniformidad de los tallos.



Figura 10. Formas de hacer el redescopado en plantas de café establecidas con colinos descopados. (a) Se muestra la forma de poda del tallo principal cortando uno a dos nudos por debajo del brote y dejando las ramas laterales con libre crecimiento; (b) Se muestra la poda del tallo y el corte del primer par de ramas laterales presentes por debajo del corte del tallo.

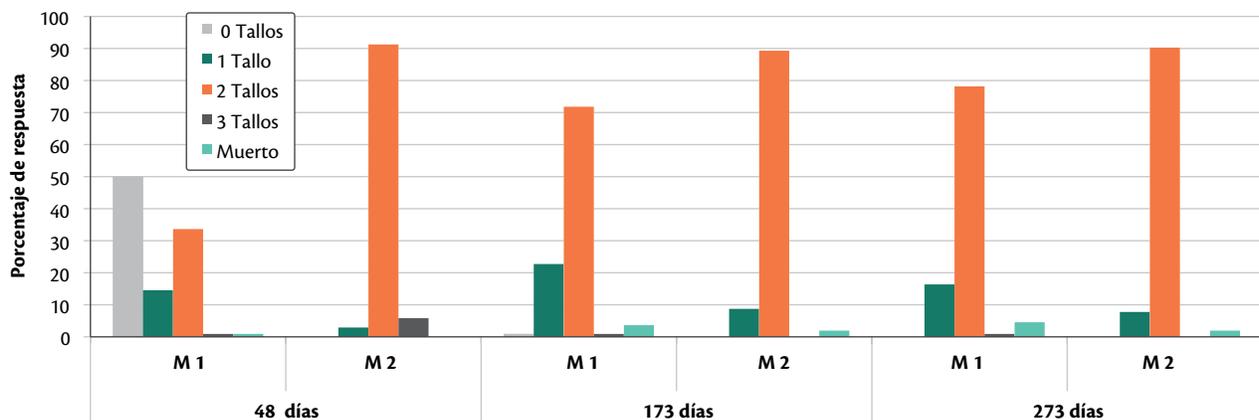


Figura 11. Comparación de la respuesta al redescopado utilizando dos métodos de poda, método 1 (M1) con ramas laterales y método 2 (M2) sin ramas laterales.

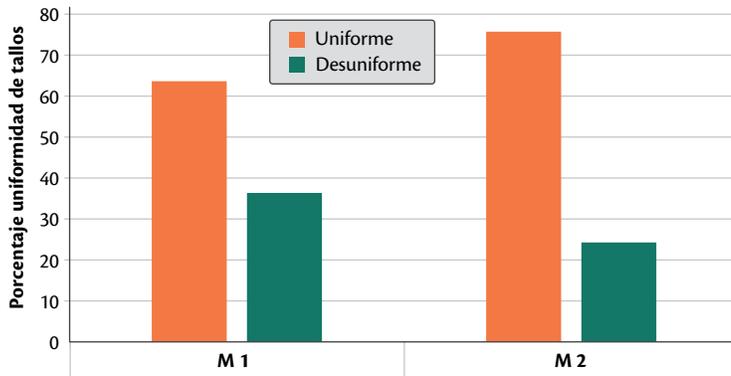


Figura 12. Respuesta al redscope en términos de uniformidad de crecimiento de los tallos, bajo los dos métodos de poda.

Efecto de la población dinámica de tallos sobre la producción de café (*Coffea arabica* L.).

La investigación se realizó en las Estaciones Experimentales Naranjal, San Antonio y El Tambo. En cada una de las localidades se seleccionaron dos lotes de café Variedad Castillo® renovados por zoca, a 30 cm, con distancias de siembra de 1,0 x 1,0 m (un tallo/sitio) y 2,0 x 1,0 m (dos tallos/sitio). Se evaluaron cinco tratamientos constituidos con base en la densidad de población, en función del tiempo (población dinámica), en un ciclo de producción de 5 años, con cuatro cosechas; el tratamiento 2, por ejemplo, consistió de un ciclo de 3 años con 20.000 tallos/ha,

al término del cual se raleó, eliminando un tallo por zoca, para continuar 2 años más con 10.000 tallos/ha (Tabla 15).

El arreglo de las zocas a 30 cm, provenían de un sistema de doble tallo por sitio, esta característica permitió seleccionar hasta dos chupones por cada tallo en los tratamientos de 20.000 tallos.

Para cada estación, en el arreglo espacial de 1,0 x 1,0 m, el análisis de varianza no indicó efecto de los tratamientos (Tabla 16); en la Estación Naranjal el promedio de la producción acumulada de café pergamino seco fluctuó entre 18.241 kg.ha⁻¹ para el tratamiento de 20.000 a 5.000 tallos y 20.433 kg.ha⁻¹ para el tratamiento de 20.000 a 15.000 tallos, con errores de 1.285 y 573 kg, respectivamente. Para la Estación San Antonio fluctuó entre 14.490 kg.ha⁻¹ para el tratamiento de 20.000 a 5.000 y 21.500 kg.ha⁻¹ para el tratamiento de 20.000 a 15.000 tallos/ha, respectivamente. Para El Tambo, la producción estuvo entre 8.485 kg.ha⁻¹ para el tratamiento de 20.000 a 5.000 tallos y 11.660 kg.ha⁻¹ para el tratamiento de 20.000 a 15.000 tallos/ha, respectivamente (Tabla 16).

El análisis de varianza para el lote con arreglo espacial de 2,0 x 1,0 m indicó efecto de los tratamientos en las Estaciones San Antonio y El Tambo, y la prueba de Dunnett al 5%, detectó diferencias entre el promedio del testigo y el tratamiento con raleo de 20.000 a 5.000 tallos, con una reducción de la producción de 5.034 kg y 3.538 kg para San Antonio y El Tambo, respectivamente (Tabla 17). En la Estación Naranjal el promedio de la producción acumulada de café pergamino seco, en el lote del mismo arreglo, fluctuó entre 11.273 kg.ha⁻¹ para el tratamiento de 15.000 a 20.000 tallos y 12.431 kg.ha⁻¹ para el tratamiento de 20.000 a 10.000 tallos, respectivamente (Tabla 17).

Tabla 15. Descripción de los tratamientos en función del tiempo y del número de tallos por hectárea.

Cosechas	Densidad de población en miles de tallos por hectárea									
1	20	20	15	20	10	20	20	15	20	10
2	20	20	15	20	10	20	20	15	20	10
3	15	10	10	5	10	15	10	10	5	10
4	15	10	10	5	10	15	10	10	5	10
	Zocas a 1,0 x 1,0 m					Zocas a 2,0 x 1,0 m				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Tratamientos									

Tabla 16. Producción acumulada de café pergamino seco (kg.ha⁻¹), en cuatro cosechas, para el arreglo espacial 1 x 1 m.

Tratamiento (Tallos por hectárea)	Naranjal		San Antonio		El Tambo	
	Promedio	Error	Promedio	Error	Promedio	Error
20.000 a 15.000	20.433	573	21.500	1.049	11.660	489
20.000 a 10.000	19.868	945	17.150	318	11.439	1.102
15.000 a 10.000	19.712	1.810	17.914	1.027	9.938	705
20.000 a 5.000	18.241	1.285	14.490	1.309	8.485	868
10.000 (Testigo)	19.498	2.957	17.960	1.544	9.634	622

Tabla 17. Producción acumulada de café pergamino seco (kg.ha⁻¹), en cuatro cosechas, para el arreglo espacial 2 x 1 m.

Tratamiento (Tallos por hectárea)	Naranjal		Santander		El Tambo	
	Promedio	Error	Promedio	Error	Promedio	Error
20.000 a 15.000	12.247	680	19.539	683	11.325	721
20.000 a 10.000	12.431	643	18.733	1.172	9.700	836
15.000 a 10.000	11.273	823	18.156	1.479	10.849	1.012
20.000 a 5.000	11.731	331	14.752*	599	7.261*	1.347
10.000 (Testigo)	11.294	500	19.786	1.255	10.799	656

* Para cada estación, indica diferencias significativas entre tratamientos con respecto al testigo, según prueba Dunnett al 5%.

Evaluación del crecimiento de plántulas de cafeto en diferentes tipos de contenedores en etapa de almácigo.

En la localidad de La Granja Cenicafé, Manizales, se evaluó el efecto de cuatro contenedores sobre las características morfológicas y fisiológicas de las plantas de café durante 247 días después de la siembra de la semilla-ddss. El objetivo fue establecer el momento oportuno de trasplante en el campo de cada contenedor, sin que se afecte el crecimiento o morfología de las plantas. Los contenedores evaluados fueron: bolsa de polietileno de 13 x 17 cm, bolsa de polietileno de 17 x 23 cm, tubos plásticos y espuma agrícola. En los tres primeros el sustrato fue suelo, mientras que la espuma *Ultrafoam* sirve de contenedor y sustrato a la vez. De acuerdo con las indicaciones del fabricante, las espumas están elaboradas con polímeros a base de resina fenólica que puede fácilmente fragmentarse e integrarse a las partículas de suelo.

Se observó que la longitud del tallo y de la raíz, la biomasa seca y la relación entre éstas, son las variables que determinan el tiempo de trasplante para cada contenedor.

En la Tabla 18, se presenta el tiempo en el cual la raíz alcanza un crecimiento longitudinal estadísticamente igual a la profundidad del contenedor. Al respecto, se observó que dicho tiempo tiene una relación directa con la profundidad del contenedor y es importante porque determina, en algunos casos, el inicio de

malformaciones (cola de marrano) en el sistema radical de la planta. Adicionalmente, se observó que en la espuma agrícola y en los tubos plásticos la longitud de la raíz sufre un proceso de poda por efecto de las corrientes de aire y la exposición a la luz, deteniéndose el crecimiento de la raíz principal, sin dar lugar a la deformación de la misma. Sin embargo, para la determinación de la época de trasplante más adecuada, es importante analizar las relaciones parte aérea/raíz en términos de longitud y biomasa (Figuras 13 y 14).

En las bolsas (13 x 17 cm, 17 x 32 cm) se observó que la relación de la biomasa de la parte aérea/raíz se mantuvo constante durante todo el período evaluado (275 días) (Figura 13). En las espumas, la tendencia es a acumular más biomasa en la parte aérea, llegando a alcanzar una relación 9:1 (Figura 14).

Respecto a la relación entre la longitud del tallo / longitud de la raíz principal, se encontró que en los dos tipos de bolsas y en los tubos al final de la evaluación la relación es cercana a uno. Esto indica que independiente de la longitud alcanzada por los órganos, en particular, para estos contenedores el sistema aéreo guarda una proporción con el desarrollo de la raíz. Sin embargo, al observar el comportamiento de las plantas que crecieron en espumas, se evidencia que la relación se incrementa después de los 170 días, lo que se traduce en plantas con tallos más largos y con una raíz principal que no supera los 14 cm, debido a la profundidad del contenedor (Figura 14).

Finalmente al integrar estos resultados se encontró que las plantas en fase de almácigo crecen bien en cualquiera de los contenedores, con restricción en el tiempo máximo que deben permanecer en esta etapa y ser llevadas al campo. Los datos presentados corresponden a los días después de la siembra de la semilla y su equivalente aproximado al tiempo en

Tabla 18. Tiempo en el cual la raíz supera la profundidad del contenedor, según prueba t al 5%.

Contenedor	Profundidad (cm)	Tiempo (dds)	Error estándar	p
Bolsa 17 x 23 cm	23	219	1,4285	0,4027
Bolsa 13 x 17 cm	17	191	0,8835	0,3196
Tubo plástico	14	114	0,3630	0,9538
Espuma agrícola	14	107	0,3434	0,1172

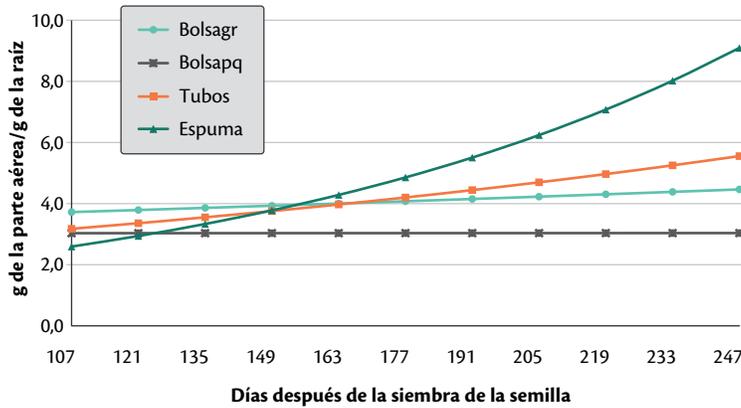


Figura 13. Relación entre la biomasa seca de la parte aérea y la raíz.

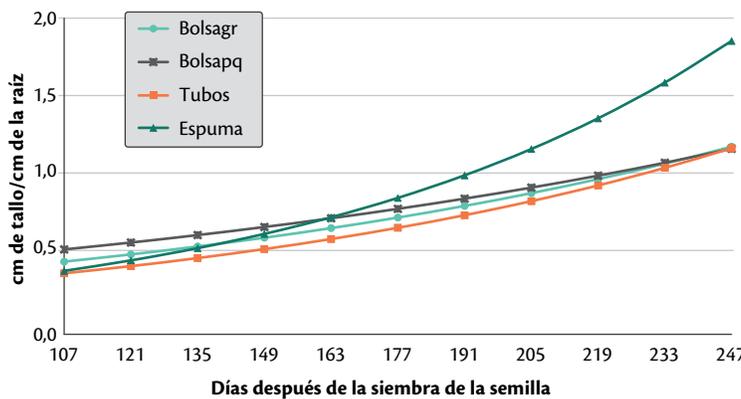


Figura 14. Relación entre la longitud del tallo y la raíz principal.

meses, si se realizara trasplante con chapolas hasta su siembra en el sitio definitivo, lo que corresponde al manejo que se da en un almácigo tradicional. Es pertinente recordar que en este trabajo en particular se realizó siembra directa de la semilla en cada contenedor. De esta forma se ratificó, en las condiciones del sitio donde se realizó la investigación, que si se utilizan bolsas de 17 x 23 cm pueden llevarse al campo plantas de 250

días (6 meses luego del trasplante de chapola), si se utilizan bolsas pequeñas (13 x17 cm) deben llevarse al campo en 200 días (4 meses luego del trasplante de chapola), ya que si se permanecen por más tiempo pueden generarse deformaciones de la raíz. Si se utilizan tubos plásticos lo recomendable es llevar las plantas al campo a los 175 días (3,5 meses luego del trasplante de chapola), en este caso debido a que después del tiempo indicado se inicia un desbalance en términos de acumulación de biomasa entre los órganos aéreos y la raíz, sin que ello implique una malformación de esta última. Si se utiliza espuma agrícola, es recomendable llevar las plantas al campo a los 160 días (3 meses luego del trasplante de chapola) ya que si se supera este tiempo en etapa de almácigo, las plantas compiten por luz, iniciando procesos de etiolación, lo que se traduce en una distribución desbalanceada de la biomasa y, por ende, de la longitud de los órganos aéreos respecto a los subterráneos.

Adicionalmente, en la Tabla 19 se incluye el cálculo del tiempo térmico necesario para tener una planta en las condiciones ideales para ser trasplantada dependiendo del contenedor. Esta información permite establecer el tiempo de permanencia en cada contenedor, independiente de la oferta ambiental donde se elabore el almácigo.

Es importante resaltar que los sistemas evaluados en etapa de almácigo deben ser llevados al campo para determinar el efecto del tiempo de trasplante, que depende del contenedor, sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de café, en sus etapas vegetativa y reproductiva en el campo. Igualmente, es indispensable realizar el análisis económico que le permita al caficultor tener las herramientas necesarias para decidir qué sistema es más favorable para el establecimiento del cultivo.

Tabla 19. Tiempo sugerido para trasplante de plantas al campo según el tipo de contenedor.

Contenedor	Tiempo desde la siembra de la semilla - trasplante (días)	Tiempo desde trasplante de chapola - trasplante (meses)	Tiempo Térmico (°día)
Bolsa 17 x 23 cm	250	6,0	3.144
Bolsa 13 x 17cm	200	4,0	2.502
Tubo plástico	175	3,5	2.207
Espuma agrícola	160	3,0	2.022

Comparación de la producción entre tres densidades de siembra del café y tres densidades de sombrío de *Inga sp.*

Los tratamientos están compuestos por las combinaciones de tres niveles de distancias de siembra del sombrío (factor A) y tres distancias de siembra del café (factor B), como se describen a continuación.

El tamaño de las parcelas es variable (144, 324 y 576 m²). Entre cada tratamiento y entre cada réplica se dejaron espacios de 9,0 m, con el fin de evitar la interferencia en el desarrollo de las especies de sombrío; el campo experimental fue de 16.848 m². La investigación se desarrolló, en el año 2008, en la Finca Las Tapias, municipio de El Socorro (Santander). En la Figura 15 se presenta la densidad de siembra del café con la cual se obtiene la mayor producción bajo cada densidad del sombrío.

El análisis del promedio de la producción de cinco cosechas (2009 a 2013) indica que con 10.000 plantas de café por hectárea y el sombrío de *Inga edulis* establecido a 278, 123 y 70 árboles/ha, se obtienen máximas producciones de 312,0; 415,0 y 296,0 @.ha⁻¹ de cps, respectivamente.

Los porcentajes de sombra bajo los cuales se ha desarrollado el cultivo del café, no han superado el 42,0%, como máximo establecido para la localidad; es decir, el bajo nivel de sombra ha permitido tener altas producciones con las densidades de siembra del sombrío evaluadas. Con el estudio se pretende contribuir al conocimiento de los sistemas agroforestales con café en regiones específicas, brindar información acerca de la administración de los sistemas cuando se establece el café a diferentes densidades de siembra y diferentes densidades de siembra del sombrío de *Inga edulis*.

Factor A: Distancias de siembra del sombrío	Factor B: Distancias de siembra del café
A ₁ : 6,0 x 6,0 m (278 plantas/ha)	B ₁ : 1,00 x 1,00 m (10.000 plantas/ha)
A ₂ : 9,0 x 9,0 m (123 plantas/ha)	B ₂ : 1,42 x 1,42 m (5.000 plantas/ha)
A ₃ : 12,0 x 12,0 m (70 plantas/ha)	B ₃ : 2,00 x 2,00 m (2.500 plantas/ha)

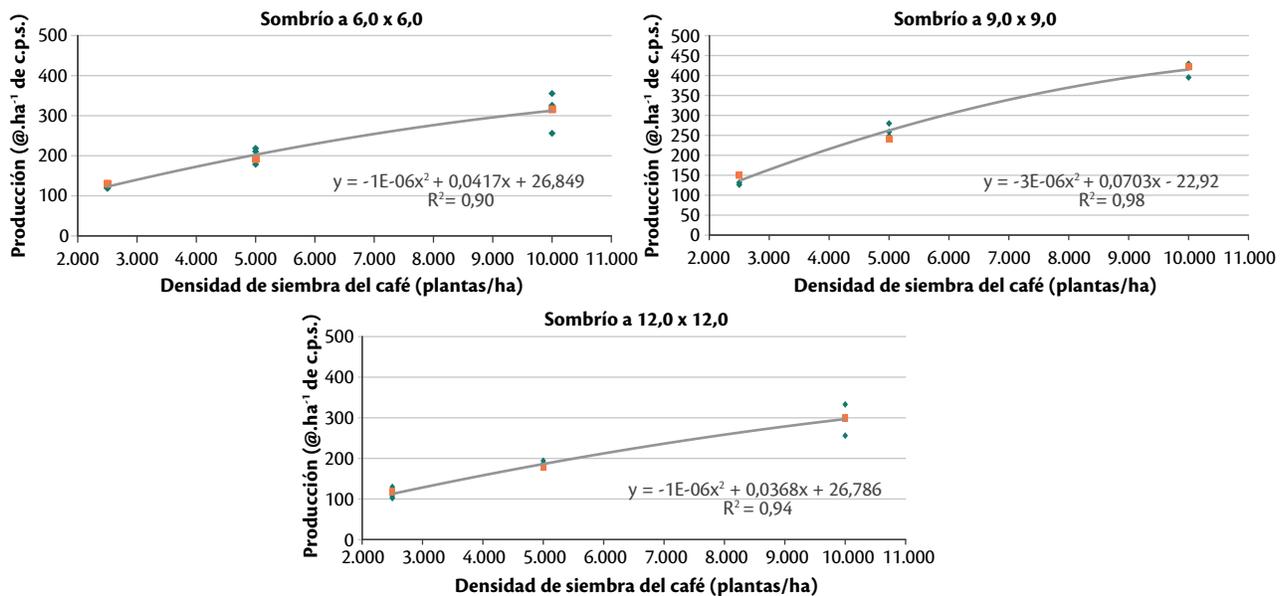


Figura 15. Producción media del café a tres densidades de siembra bajo sombrío de *Inga edulis*, finca Las Tapias. El Socorro-Santander

Fertilización mineral potásica como alternativa complementaria a la fertilización con materia orgánica, en sistemas de producción de café.

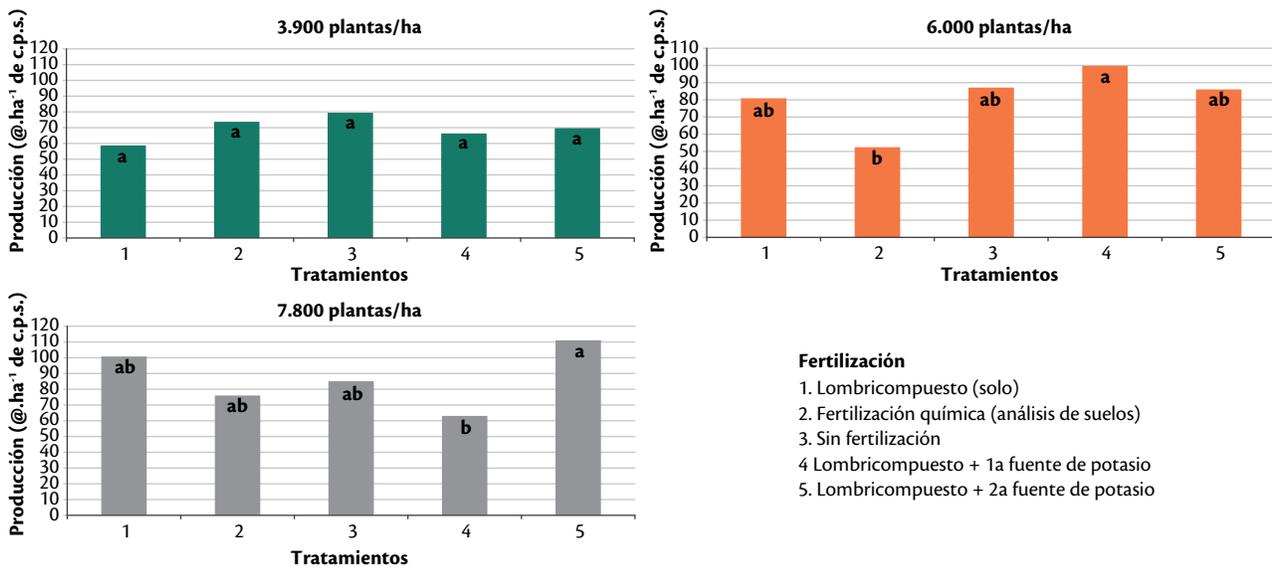
En la Estación Experimental de Pueblo Bello-Cesar, se evaluó la combinación de dos factores: tres densidades de siembra del café (Factor A) y cinco alternativas de fertilización (Factor B).

El experimento fue establecido en el año 2008; en la Figura 16 se presentan los resultados parciales de la producción promedio (cosechas 2010 a 2014) en arrobas de café pergamino seco por hectárea.

Los resultados parciales obtenidos indican que a bajas densidades de siembra del café (3.900 plantas/

ha) y bajo sombrío regulado, no hay respuesta del café a la aplicación de fertilizante químico, orgánico o en mezclas. Con densidades de siembra del café a 6.000 plantas/ha hubo diferencias estadísticas entre las producciones del café fertilizado según las fuentes y dosis recomendadas en el análisis de suelos y la fertilización realizada con lombricomposteo y lombricomposteo en mezcla con sulfato de potasio, siendo mayor la producción con este último tratamiento. A densidades de siembra del café de 7.800 plantas/ha se presentan diferencias entre los tratamientos en los cuales se empleó la fertilización con lombricomposteo en mezcla con las dos fuentes de potasio, con la mayor producción de café al emplear sulfato de magnesio.

Factor A: Densidades de siembra del café	Factor B: Alternativas de fertilización
A ₁ : 3.922 plantas/ha	B ₁ : Lombricomposteo (solo)
A ₂ : 6.060 plantas/ha	B ₂ : Fertilización química (análisis de suelos)
A ₃ : 7.843 plantas/ha	B ₃ : Sin fertilización
	B ₄ : Lombricomposteo + 1ª Fuente de potasio 1 (Sulfato de potasio)
	B ₅ : Lombricomposteo + 2ª Fuente de potasio 2 (Sulpomag)



- Fertilización**
1. Lombricomposteo (solo)
 2. Fertilización química (análisis de suelos)
 3. Sin fertilización
 4. Lombricomposteo + 1a fuente de potasio
 5. Lombricomposteo + 2a fuente de potasio

Figura 16. Promedio de la producción del café a tres densidades de siembra y bajo sombrío, en la Estación Experimental Pueblo Bello-Cesar.

Densidad de siembra óptima en cafetos de porte alto con resistencia a la roya y bajo sombra.

El estudio se estableció en las Estaciones Experimentales Naranjal - Caldas, Pueblo Bello - Cesar y El Tambo - Cauca. Los tratamientos están compuestos por las densidades de siembra del café, variedad Tabi. Las distancias de siembra del café se diseñaron con el fin de conservar la distancia entre surcos y la variación de la distancia entre plantas. En todas las localidades la densidad del sombrero se ajustó a 70 árboles/ha.

Las producciones máximas de café variedad Tabi de 113,6, 84,9 y 70,6 @.ha⁻¹ de café pergamino seco, en las Estaciones Experimentales El Tambo, Pueblo Bello y Naranjal, respectivamente, se obtuvieron con el establecimiento de 5.000 plantas/ha (2,0 m x 1,0 m) (Figura 17).

Manejar la fertilidad del suelo para una adecuada nutrición de los cafetales

Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción y calidad del café.

El estudio se desarrolló en cinco localidades de la zona cafetera colombiana: Estación Experimental Paraguaicito (Buenavista - Quindío), Estación Experimental Santander (Floridablanca - Santander), en la finca El

Porvenir (Manzanares - Caldas), la finca El Agrado (Montenegro - Quindío) y en la Estación Experimental El Rosario (Venecia - Antioquia).

Los tratamientos, consistieron en distribuir el fertilizante requerido según el análisis de suelos en diferentes proporciones en el año, a partir de marzo como mes de la primera aplicación; éstos fueron los siguientes:

Tratamiento 1 (testigo relativo): Recomendación actual, se aplica el fertilizante requerido fraccionado en dos épocas del año (50% en el primer semestre y 50% en el segundo).

Tratamiento 2: Aplicación del fertilizante distribuido en tres épocas en el año (33% por aplicación).

Tratamiento 3: Fertilizante distribuido en cuatro épocas en el año (25% por época)

Tratamiento 4: Seis fracciones del fertilizante recomendado para un año.

Los resultados indican que para las condiciones de la Estación Experimental Paraguaicito, el fraccionamiento de la fertilización cuatro y seis veces por año, condujo a incrementar la producción de café cereza (c.c.) en un 15% durante 2013, sin que dicho comportamiento se hubiese reflejado en el acumulado de 3 años de producción (Figura 18).

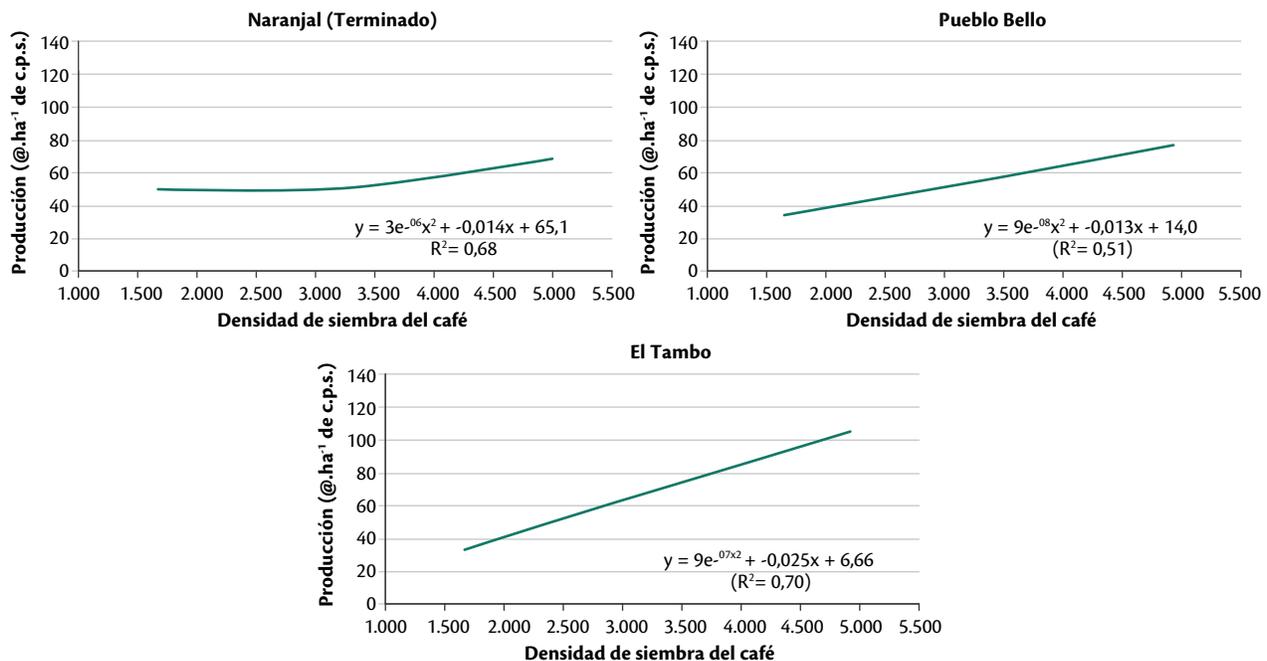


Figura 17. Promedio de la producción de café variedad Tabi a cinco densidades de siembra bajo sombrero, en tres departamentos cafeteros.

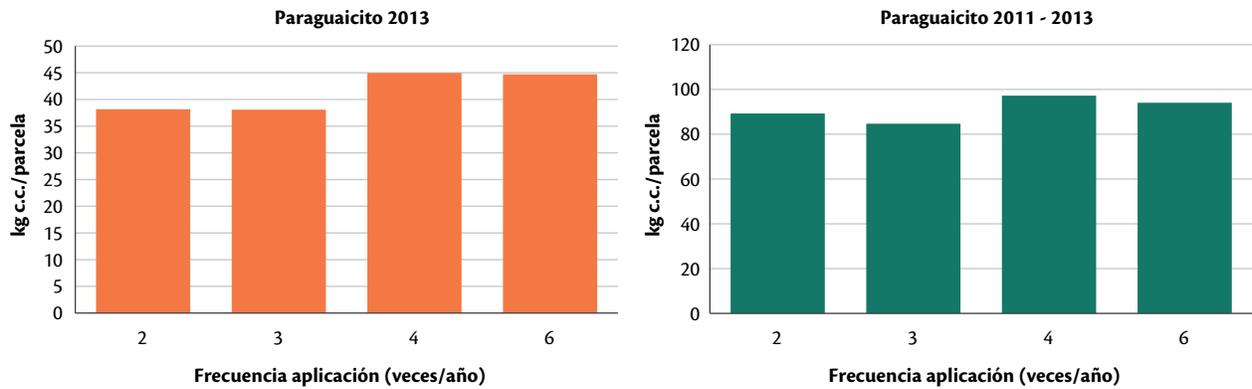


Figura 18. Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la Estación Experimental Paraguaicito.

Fraccionar la fertilización para cafetales en edad productiva, en la Estación Experimental El Rosario, según el análisis de suelos, no afectó la producción anual de café cereza, ni el acumulado de la cosecha obtenida durante 4 años de producción (Figura 19).

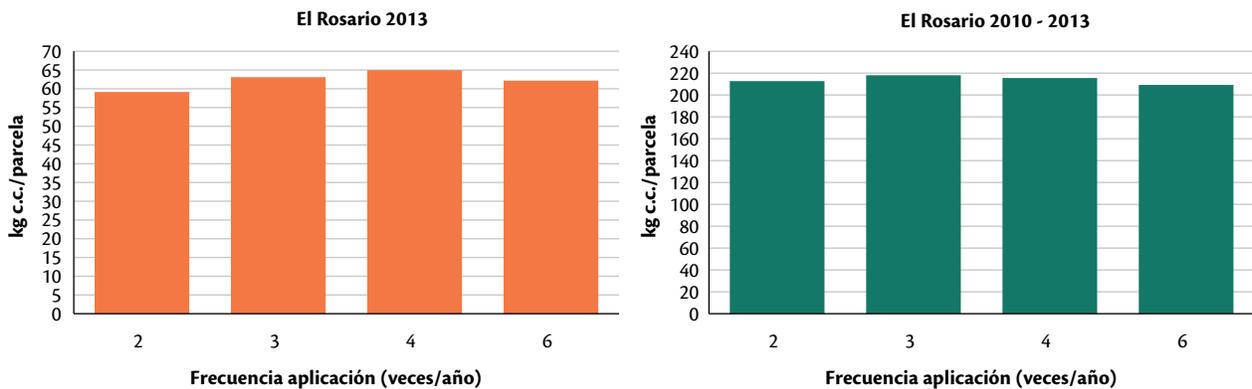


Figura 19. Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la Estación Experimental El Rosario.

El fraccionamiento no ocasionó variación en la producción en la finca El Agrado (Figura 20), aunque el suelo donde se encuentra establecida dicha plantación es de características arenosas.

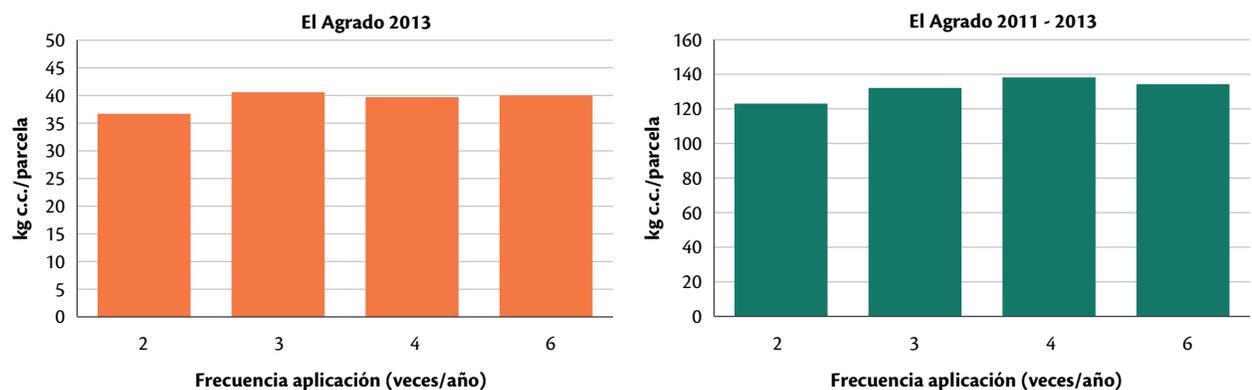


Figura 20. Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la finca El Agrado.

En la Estación Experimental San Antonio no hubo efecto del fraccionamiento de la fertilización durante 2013, ni en el acumulado de 4 años de producción (Figura 21).

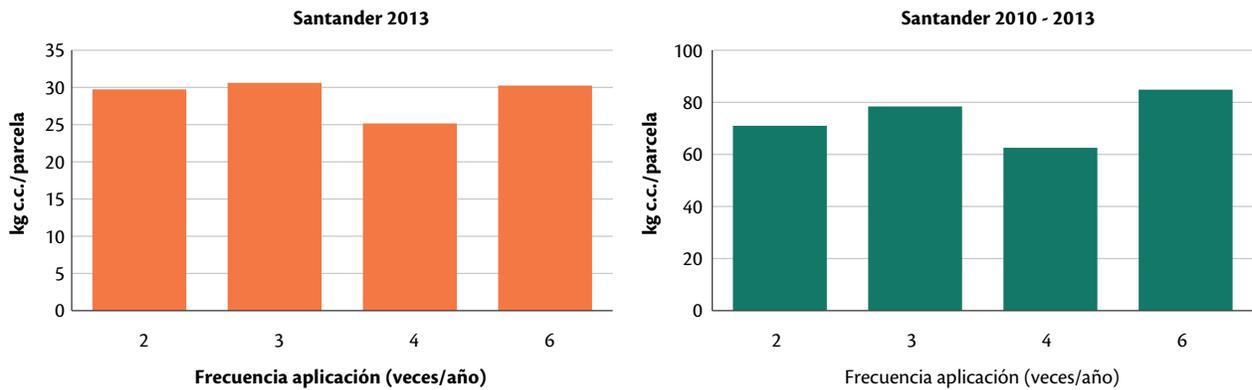


Figura 21. Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la Estación Experimental San Antonio.

No se presentó efecto del fraccionamiento en la producción, anual o acumulada, tal como se presenta en la Figura 22, para la finca el Porvenir.

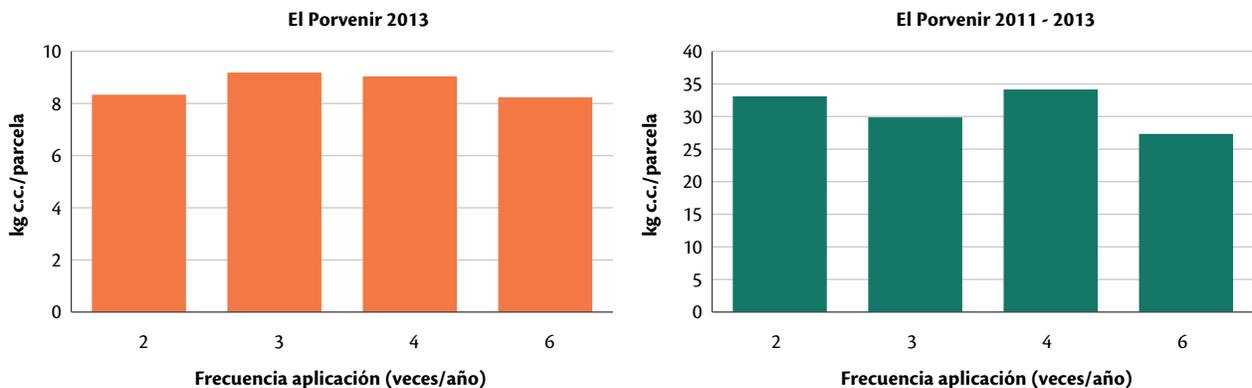


Figura 22. Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la finca El Porvenir – Manzanares (Caldas).

Los resultados parciales de esta investigación permiten considerar que: fraccionar más de dos veces la fertilización requerida, según el análisis de suelos, no incrementó la producción anual de café cereza, ni el acumulado de 4 años de cosecha en la Estación Experimental El Rosario. Para las demás localidades evaluadas no se ha detectado efecto de los tratamientos, excepto en Paraguaicito donde aplicar cuatro y seis veces por año el fertilizante requerido, condujo a incrementar la producción de café cereza en un 15% durante 2013.

Alternativas para la fertilización de cafetales en producción con fuentes simples en mezcla física y complejos granulados. La investigación se adelantó en cuatro localidades de la zona cafetera

colombiana: Estación Central Naranjal (Chinchiná – Caldas), Estación Experimental San Antonio (Floridablanca – Santander), Estación Experimental El Rosario (Venecia – Antioquia) y en la finca El Agrado (Montenegro – Quindío). Para este último se consolida la totalidad del ciclo productivo.

Las plantaciones recibieron los tratamientos dos veces por año, de acuerdo a las recomendaciones de Cenicafé para el abonamiento de cafetales en producción. El 50% entre febrero y marzo y 50% entre agosto y septiembre.

No se detectaron diferencias entre los tratamientos suministrados durante la producción de café cereza para 2013, ni en el acumulado.

Los resultados obtenidos hasta el momento indican que el suministro de nutrientes a través de la mezcla de fuentes simples y/o complejos granulados, fabricados bajo diferentes tecnologías, producen igual efecto en la producción de café cereza.

Evaluación de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción de café. El experimento tuvo como objetivo evaluar la respuesta del cultivo de café al suministro de nitrógeno mediante la aplicación de tres dosis (200, 300 y 400 kg.ha-año⁻¹) y tres fuentes (urea, nitrato de amonio y urea recubierta con una molécula para inhibir la nitrificación del amonio). Para este caso se presentan los resultados correspondientes a la producción y la concentración foliar de nutrientes durante el año 2013 en las Estaciones Experimentales El Rosario (Antioquia), Paraguaicito (Quindío) y La Trinidad (Tolima). Estos resultados corresponden al cuarto y último año de evaluación de los tratamientos.

En ninguna de las tres localidades hubo diferencias entre las fuentes fertilizantes empleadas, lo que corrobora la efectividad de cualquiera de ellas. En las tres localidades se registró efecto de las dosis aplicadas de nitrógeno, con una tendencia de la respuesta cúbica en la Estación Experimental de La Trinidad y cuadrática en Paraguaicito y El Rosario (Figura 23). En general, las mayores producciones se obtuvieron al aplicar las dosis de 200 y 300 kg.ha-año⁻¹.

Aunque en las tres localidades la concentración foliar de nitrógeno aumentó con su aplicación (Figuras 24 y 25), la magnitud del incremento fue baja (entre 0,13% y 0,31%). Se registraron los siguientes rangos de valores para este elemento: La Trinidad 2,39% a 2,53%, Paraguaicito 2,27% a 2,58% y El Rosario 2,41% a 2,62%.

Con el suministro de nitrógeno aumentó la concentración foliar de magnesio y manganeso en La Trinidad, mientras que el fósforo, el cobre y el boro disminuyeron. En Paraguaicito se incrementó el manganeso y tendieron a disminuir el cobre y el boro. En El Rosario se presentaron aumentos en la concentración de potasio, calcio, magnesio y manganeso, en tanto que se registraron reducciones en el fósforo, el hierro, el cobre y el boro.

Eficiencia en el uso de nitrógeno y agua en plantas de café durante la fase de almácigo.

Bajo condiciones de invernadero se evaluó el efecto combinado de cuatro dosis de nitrógeno-N y cuatro niveles de humedad del suelo sobre el crecimiento y la fisiología del café durante la etapa de almácigo. El

área foliar aumentó con el incremento de las dosis de N pero disminuyó en menor proporción en la medida que el suelo estuvo más seco (Figura 26). Un comportamiento similar se observó en la biomasa de la parte aérea, respuesta que fue asociada con los cambios a nivel fisiológico generados por el estrés hídrico. No hubo interacción entre los dos factores estudiados, pero tanto la conductancia estomática como la transpiración disminuyeron al reducir el agua del suelo e incrementar la dosis de N, como resultado de un proceso de aclimatación de las plantas a las condiciones impuestas (Figura 27).

La eficiencia en el uso del agua-EUA y el contenido isotópico de ¹³C respondieron mayormente al incremento de N y, en una menor proporción, a la disminución de agua en el suelo; se encontró que la aplicación de una dosis de 0,4 g/planta de N fue asociada a los valores más altos de EUA. Al incrementar la dosis de N se incrementaron los contenidos de N en las hojas pero disminuyó la eficiencia en el uso del fertilizante. Estas dos variables fueron poco afectadas por el contenido de humedad del suelo y sugieren que las aplicaciones de N podrían hacerse sin un exceso de humedad, si se pretende reducir el impacto ambiental causado por la lixiviación de nitratos (Figura 28).

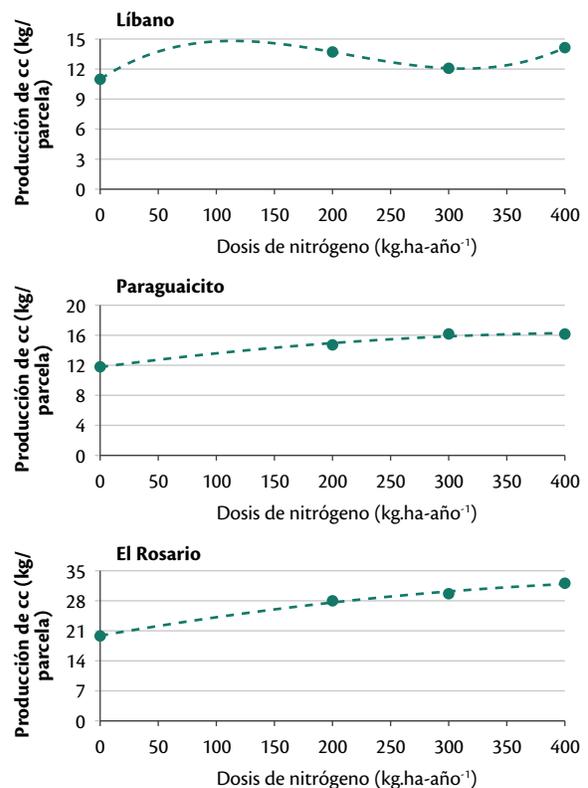


Figura 23. Producción de café cereza (cc), obtenida en el año 2013, en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé, en respuesta a la aplicación de las dosis de nitrógeno.

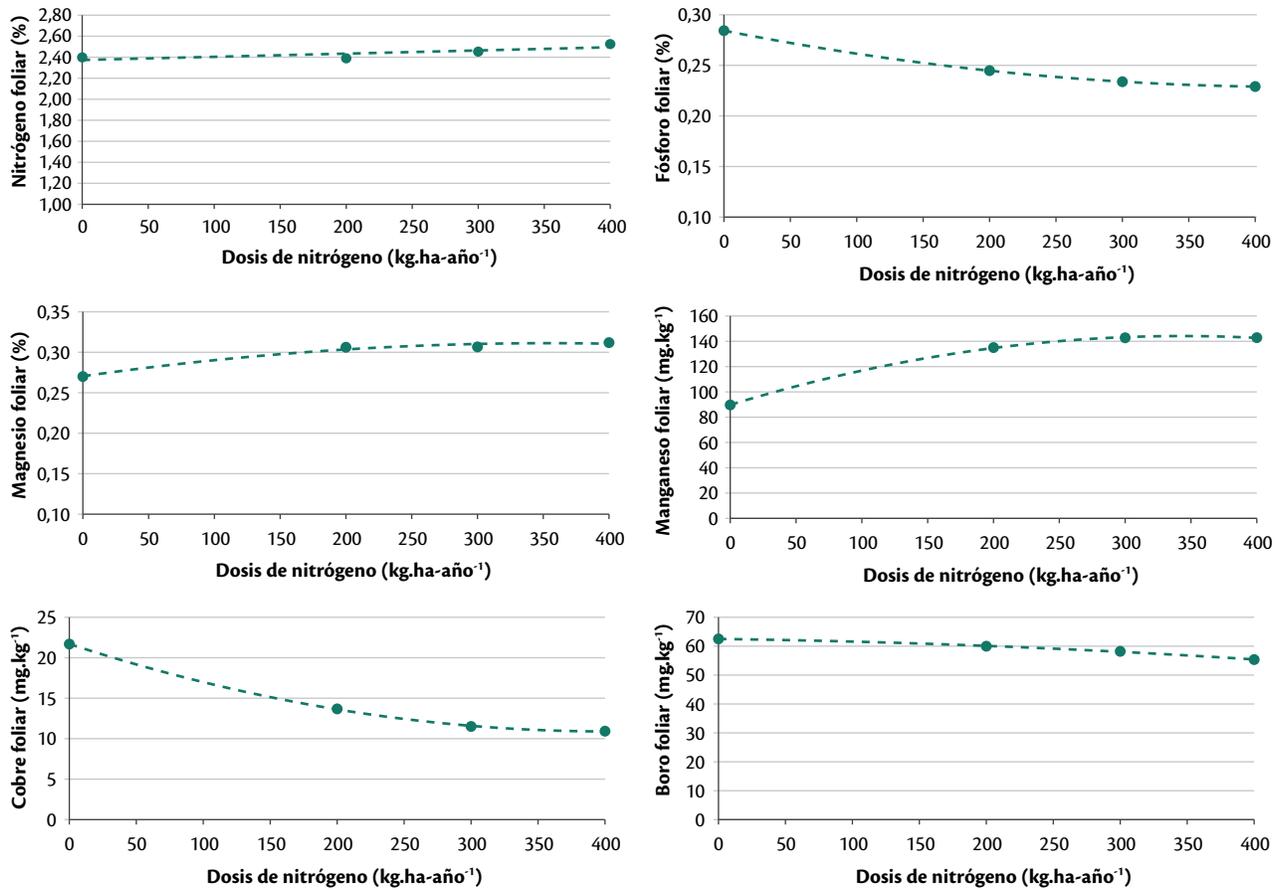


Figura 24. Efecto de dosis de nitrógeno en la concentración foliar de nitrógeno, fósforo, magnesio, manganeso, cobre y boro, obtenidos en el año 2013, en la Estación Experimental La Trinidad.

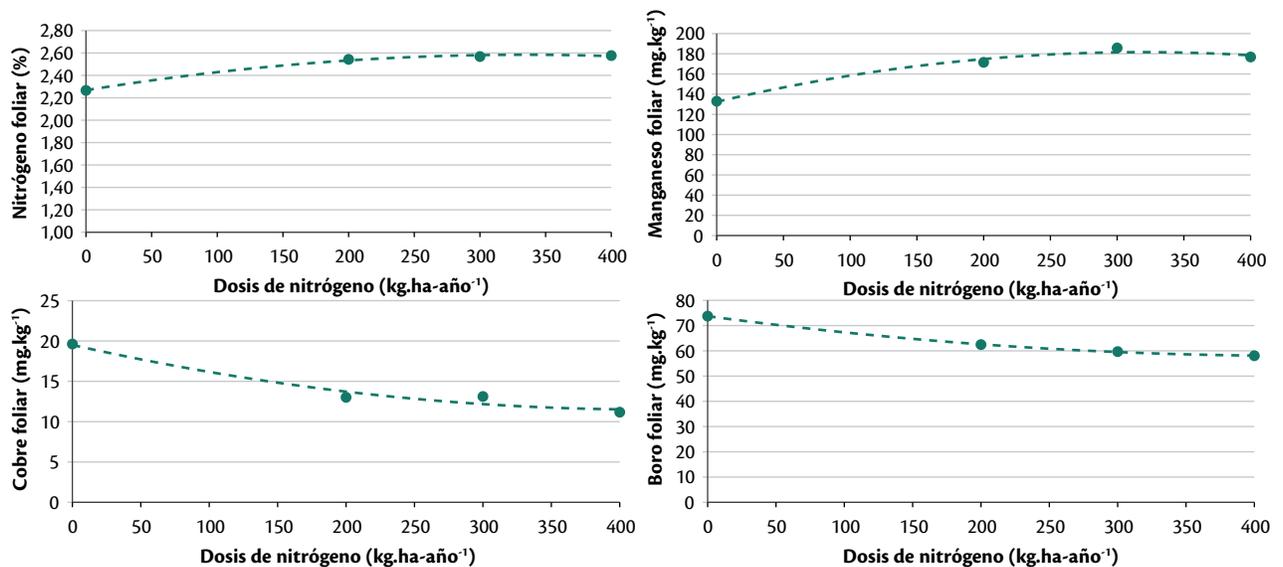


Figura 25. Efecto de dosis de nitrógeno en la concentración foliar de nitrógeno, manganeso, cobre y boro, obtenidos en el año 2013, en la Estación Experimental Paraguaicito.

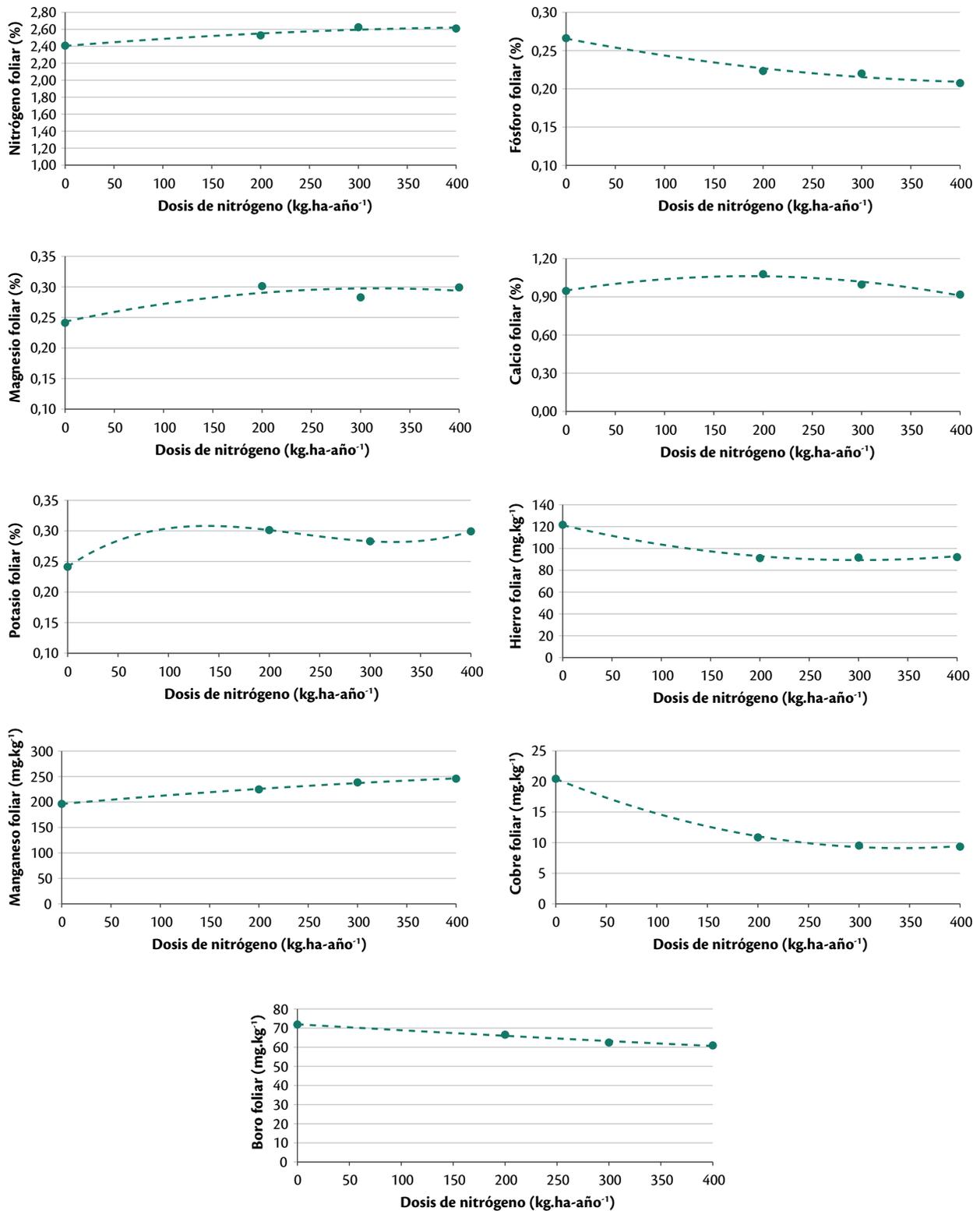


Figura 26. Efecto de dosis de nitrógeno en la concentración foliar de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y boro, obtenidos en el año 2013, en la Estación Experimental El Rosario.

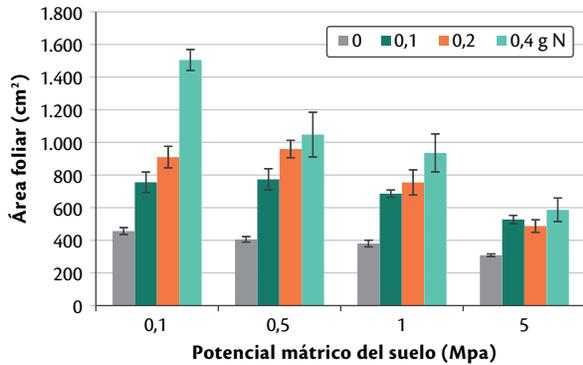


Figura 27. Efecto de dosis de nitrógeno y niveles de humedad del suelo sobre el área foliar en hojas de café.

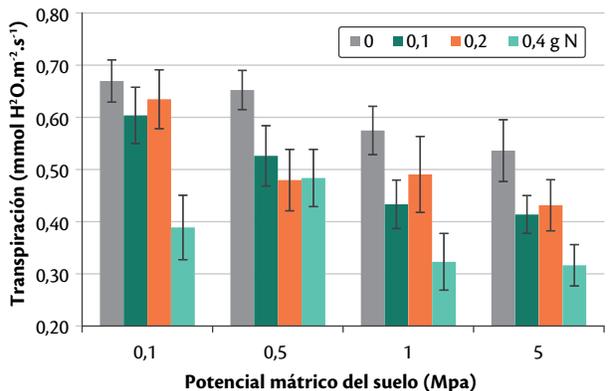
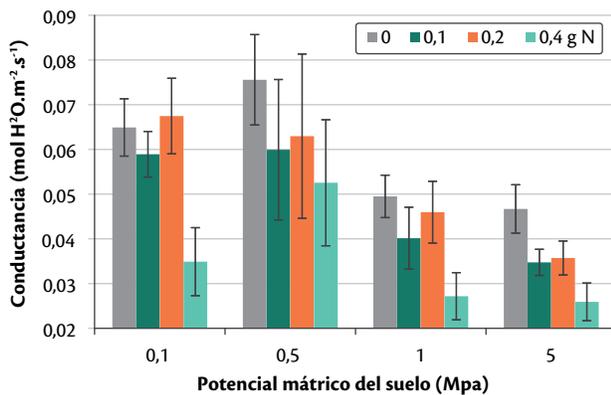


Figura 28. Efecto de dosis de nitrógeno y niveles de humedad del suelo sobre la conductancia estomática y transpiración en hojas de café.

Eficiencia en el uso de nitrógeno en plántulas de café durante la etapa inicial de establecimiento en el campo. Bajo condiciones de las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguaicito se evaluó el efecto de dos métodos de aplicación de la urea marcada con ¹⁵N, tapado vs incorporado, sobre el crecimiento de las plantas de café y la absorción de N durante los primeros 6 meses de la etapa vegetativa. En Naranjal se empleó la Variedad Castillo® y en Paraguaicito la líneas CU 1855 y CX 2710.

En las dos localidades se registraron variaciones a través del tiempo en la cantidad total de nitrógeno derivado del fertilizante-Ndff (Figura 29), pero sólo en Naranjal se registró efecto de la forma de su aplicación. El Ndff aumentó a través del tiempo después de la fertilización hasta el día 60, cuando se detectaron los valores más altos, tendencia que se relacionó con el crecimiento de las plantas y con la humedad del suelo, lo cual fue confirmado por la variación en los valores de ¹³C (Figura 30). Aunque los valores hallados a los 120 días fueron

más bajos frente al día 60, es importante anotar que 4 meses después de la fertilización aún se detectó N proveniente del fertilizante en las plantas de café.

A pesar de que los porcentajes de Ndff parecen relativamente altos, cuando se integran con la biomasa total obtenida a los 120 días, se observa que la verdadera proporción de N recuperado del total aplicado en cada fertilización fue muy baja, y no hubo diferencia incluso entre líneas de café (Figura 31). Si se considera este valor como la eficiencia en el uso de la urea, no hubo efecto del método de aplicación en alguno de los sitios y las plantas de café absorbieron en promedio un 5% de N ureico, mientras que el porcentaje restante (95%) debió provenir del N nativo del suelo. Lo anterior indica que durante los primeros 6 meses después del establecimiento del café, las plantas recuperan solo un mínimo porcentaje del fertilizante y que la mayor proporción de urea permanece en el perfil del suelo o lo que es más probable, es susceptible de perderse por lixiviación o escorrentía si se tiene en cuenta la precipitación en las dos localidades.

Finalmente, se detectó un efecto significativo de la forma de aplicación del fertilizante sobre el peso seco de hojas y ramas de las plantas en Naranjal, a favor del método de aplicación incorporado, pero no hubo diferencias entre dichos métodos en Paraguaicito (Figura 32a). Las plantas de café en Naranjal exhibieron una menor proporción de raíces en comparación con la parte aérea mientras que las plantas cultivadas en Paraguaicito desarrollaron más

raíces, sin que se registrara un efecto de la forma de aplicación del fertilizante dentro de cada localidad (Figura 32b). Estudios en invernadero mostraron que al incrementar las dosis de N se reduce la proporción de raíces y se incrementa la biomasa aérea, por lo que se puede confirmar que las plantas de café exhibieron similar comportamiento en el campo y asimilaron más N en el suelo de Naranjal, cuyo contenido de N es mayor que el de los suelos de Paraguaicito.

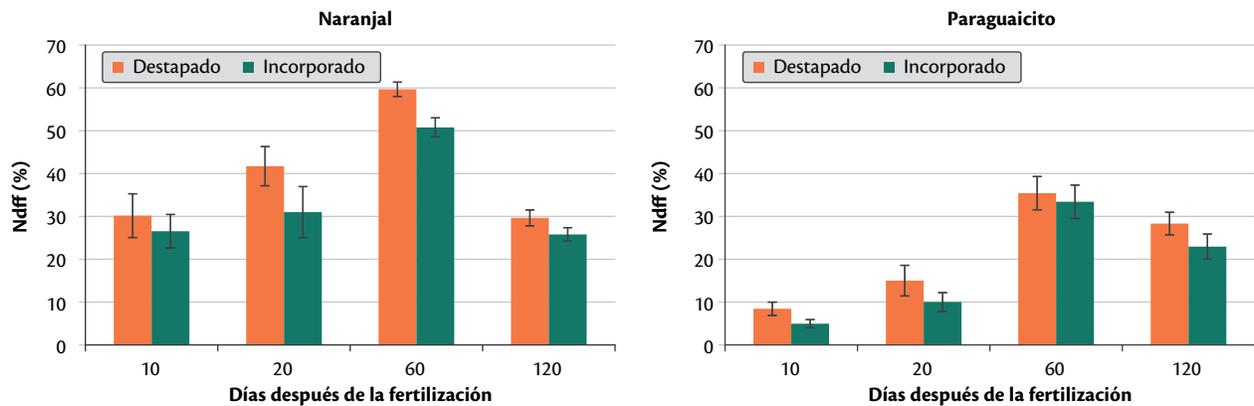


Figura 29. Efecto de la forma de aplicación de N sobre N derivado del fertilizante (Ndff) en plantas de café en dos Estaciones Experimentales de Cenicafé.

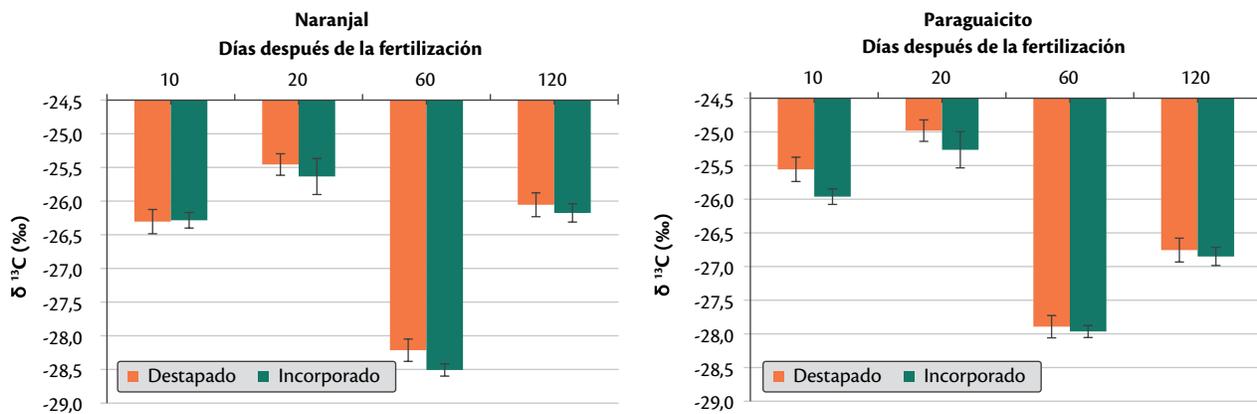


Figura 30. Efecto de la forma de aplicación de N sobre la composición isotópica de ^{13}C en plantas de café establecidas en dos Estaciones Experimentales de Cenicafé.

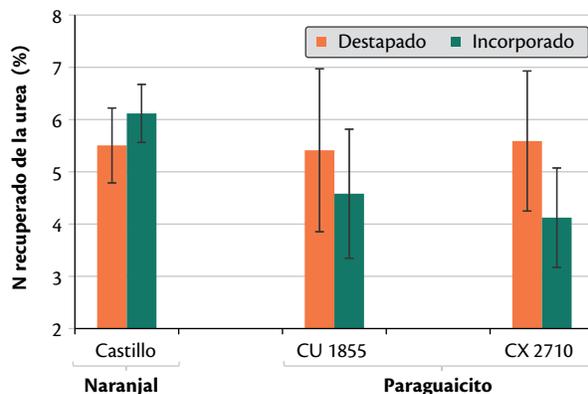


Figura 31. Efecto de la forma de aplicación de N sobre el N total recuperado del fertilizante, en plantas de café establecidas en dos Estaciones Experimentales de Cenicafé.

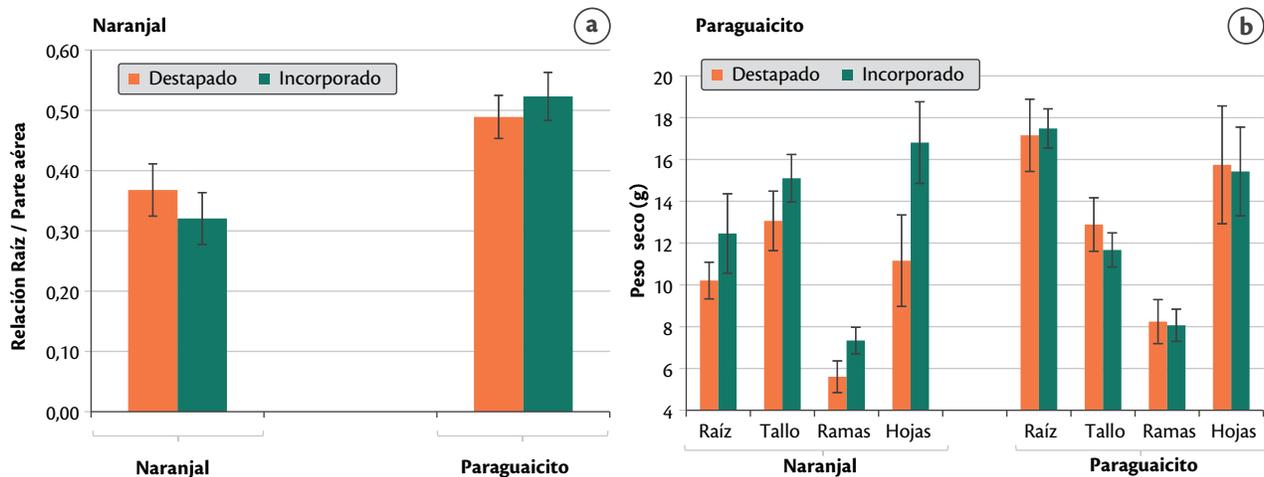


Figura 32. Efecto de la forma de aplicación de N sobre (a) el peso seco y (b) la relación raíz/parte aérea en plantas de café establecidas en dos Estaciones Experimentales de Cenicafé.

Bionutrición de plantas de café. Durante 10 años (2002 a 2012) en la Estación Central Naranjal, se llevó a cabo un experimento donde se evaluaron diferentes cantidades de fertilizantes minerales en alternancia con el biofertilizante comercial Bacthon® (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*); se pudo reducir la cantidad del fertilizante químico tanto en la condición de plantilla como de zoca, en un 50% y 75%, respectivamente. Se consideró necesario valorar el comportamiento de los microorganismos-plantas de café, en condiciones diferentes (clima y suelo) a las que se evaluaron en la Estación Central Naranjal. De esta manera, se validaron los mejores resultados del experimento en plantilla y zoca en dos sitios diferentes, Estación Experimental Paraguaicito (Quindío) y Estación Experimental La Catalina (Risaralda). Se evaluaron tres bloques de tratamientos: Bloque 1

(Fertilización mineral), Bloque 2 (Reducción del 33% del fertilizante mineral + el insumo biotecnológico) y Bloque 3 (Reducción del 56% del fertilizante mineral + el insumo biotecnológico). Con intervalos de 4 meses, hasta el presente se han realizado tres fertilizaciones y tres evaluaciones de las plantas. Las variables que se están midiendo son crecimiento de las plantas (diámetro del tallo, altura, número de cruces y ramas), incidencia y severidad de mancha de hierro en los frutos y producción y calidad del café.

Durante el 2014, en la Estación Experimental La Catalina, las plantas pertenecientes al bloque 1 (Fertilización mineral), han presentado un mayor crecimiento y desarrollo (Tabla 20), más altos niveles de incidencia y severidad de mancha de hierro en los frutos y mayor producción en comparación con las plantas correspondientes a los bloques 2 y 3.

Tabla 20. Variables de crecimiento y desarrollo de las plantas de café, en la Estación La Catalina (Julio/2014).

Bloque	Dosis					Diámetro tallo (cm)	Altura (cm)	Cruces (No.)	Ramas (No.)
	Urea	DAP	KCl	Total	Biológico				
	kg.ha-año ⁻¹				L.ha-año ⁻¹				
1. Análisis de suelos	46,2	12,0	39,0	97,2	-	16,0 a	162,7 a	31,4 a	56,6 a
2. Reducción fertilizante mineral (33%)	31,0	8,0	26,0	65,0	1,5	15,9 a	154,9 b	28,8 b	53,0 b
3. Reducción fertilizante mineral (56%)	20,4	5,2	17,2	42,8	1,5	16,1 a	157,2 b	28,4 b	51,4 b

Letras iguales comparan igualdad estadística según Duncan al 5%.

En la Estación Experimental Paraguaicito las plantas del bloque 2 (reducción del 33% del fertilizante mineral + el insumo biotecnológico) presentaron el mayor crecimiento y desarrollo (Tabla 21), pero las plantas pertenecientes al bloque 3 (reducción del 56% del fertilizante mineral + el insumo biotecnológico) fueron las plantas que mostraron una mayor producción. Con relación a la mancha de hierro, las plantas de los tres bloques presentaron el mismo comportamiento, con un promedio de 8% de incidencia de la enfermedad en los frutos en la última evaluación realizada (Julio/14).

Desarrollar y adaptar tecnologías para la recolección, beneficio y secado del café, que permitan mejorar los indicadores técnicos, económicos, ambientales y de calidad del café.

Cosecha manual

Desarrollo de una herramienta portátil con visión artificial para la cosecha selectiva de café. A través del uso de diferentes tecnologías tanto mecánicas como electrónicas, se desarrollaron dos herramientas portátiles con visión artificial para la cosecha selectiva de café (Figura 33), que se puedan utilizar en pases de cosecha con diferentes condiciones de carga y concentración de frutos maduros, para mejorar los indicadores de la recolección y disminuir el costo unitario de esta actividad, la de mayor participación en los costos de producción de café en Colombia.

Se realizaron evaluaciones en el campo utilizando ramas con concentración de frutos maduros desde 17% hasta 80%, la eficacia mostrada por las herramientas se encontró entre el 79% y 89%, con porcentaje de frutos

inmaduros cosechados en promedio de 22% para ambos sistemas. Las tecnologías desarrolladas tienen gran potencial para cosechar café en las condiciones variantes de oferta y carga de los cafetales de Colombia con una probabilidad del 52% para cosechar más del 90% de frutos maduros presentes en las ramas y una probabilidad del 74% de cosechar menos del 25% de frutos verdes, con concentración de frutos maduros desde 17% hasta 80%.

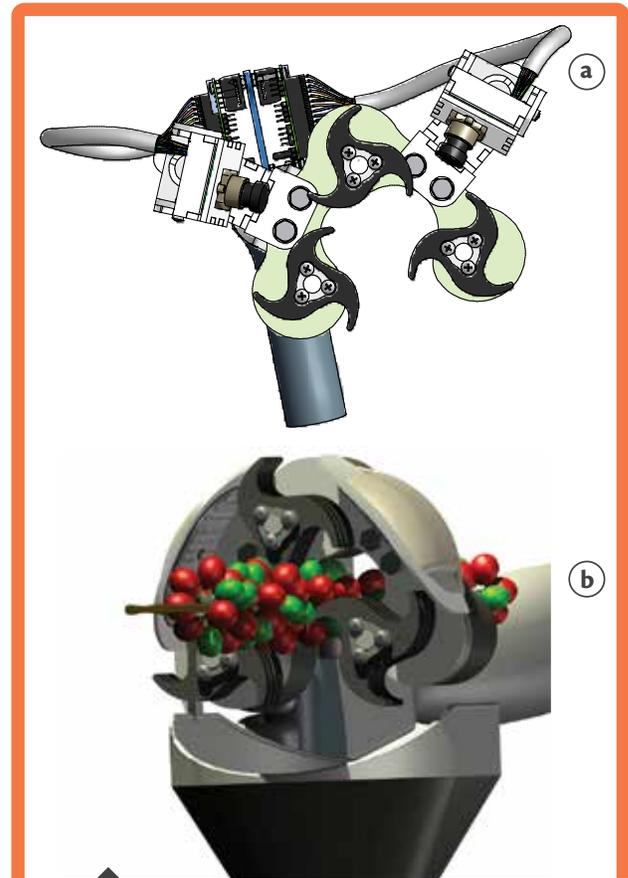


Figura 33. Modelos virtuales de las herramientas (a) iTool y (b) Alfa-I.

Tabla 21. Variables de crecimiento y desarrollo de las plantas de café, en la Estación Paraguaicito (Julio/2014).

Bloque	Dosis					Diámetro tallo (cm)	Altura (cm)	Cruces (No.)	Ramas (No.)
	Urea	DAP	KCl	Total	Biológico				
	kg.ha-año ⁻¹				L.ha-año ⁻¹				
1. Análisis de suelos	47,0	34,0	81,0	-	13,6 c	32 b	170,5 b	54,3 b	56,6 a
2. Reducción fertilizante mineral (33%)	31,7	22,6	54,3	1,5	14,3 a	33 a	179,3 a	58,0 a	53,0 b
3. Reducción fertilizante mineral (56%)	21,0	15,0	36,0	1,5	13,9 b	32 b	172,6 b	55,6 b	51,4 b

Letras iguales comparan igualdad estadística según Duncan al 5%.

Las herramientas cumplen con especificaciones de diseño de portabilidad y selectividad, pueden utilizarse en el campo sin emplear sistemas aparatosos de cómputo o de energía, el operario lleva la herramienta en la mano y en su espalda o cintura el sistema de alimentación de 36V, con autonomía en continuo desde 6 h hasta 10,5 h, adicionalmente la herramienta cuenta con software que le permite tomar la decisión de cosechar o no un fruto maduro que se encuentre rodeado de frutos verdes evitando el desprendimiento involuntario de éstos. Las tecnologías iTool y Alfa-I son las primeras desarrolladas para la cosecha robotizada de café en Colombia. Se requiere mejorar el sistema de desprendimiento para aumentar la eficacia en cosecha.

Cosecha de café con equipos portátiles

Validación de métodos de recolección manual asistida y semi-mecanizada de café. En la Estación Experimental Pueblo Bello-Cesar (noviembre de 2013) se recolectó café con los equipos portátiles Gulliver y Stihl SP-81 y Twist, en lotes sembrados con líneas de Caturra x Híbrido de Timor, lote zoca 0279. El rendimiento más alto se obtuvo con el equipo Twist ($80,52 \text{ kg.h}^{-1}$), sin incluir el tiempo empleado en labores con las mallas. El café recolectado con los equipos Stihl SP-81 y Twist y Guliver presentaron en promedio porcentajes de frutos verdes de 5,46%, 5,30% y 4,10%, respectivamente, valores considerados bajos en cosecha con estos equipos.

En la finca Los Naranjos, propiedad de Supracafé (Cajibío, Cauca) (junio y julio de 2014) se cosechó café con el equipo portátil Twist, en los dos pases principales de la cosecha de café, en lote con árboles de café variedad Caturra de tercera cosecha, sembrados a 1,2 x 1,4 m, con dos a tres ejes o tallos, en terreno con pendiente ligera. El equipo se utilizó en 30 árboles en el primer pase principal y en 14 surcos de 15 árboles en promedio, para el segundo pase principal. Para la recolección del café cosechado se utilizaron dos mallas de 5,0 m y un

equipo Twist y dos equipos y dos mallas de 25 m para cada pase, unidas longitudinalmente con velcro. En cada ensayo, con los equipos, se determinaron las siguientes variables de interés: café recolectado por hora, porcentaje de frutos verdes en la masa cosechada y porcentaje de café maduro recolectado por árbol. Adicionalmente, se determinó la carga y concentración de frutos maduros (g/árbol y %, respectivamente) de cada árbol cosechado y el tiempo empleado en el repase manual.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 22. La carga y concentración de frutos maduros inciden en los resultados obtenidos en la cosecha de café con equipos como el utilizado, no selectivos. El rendimiento más alto se obtuvo en el primer pase ($69,76 \text{ kg.h}^{-1}$ sin incluir el tiempo empleado en labores con las mallas) con el porcentaje de frutos verdes en la masa cosechada más elevado (13,1%), aceptable en recolección con este tipo de herramientas. En el segundo pase, el rendimiento disminuyó ($50,85 \text{ kg.h}$ sin incluir el tiempo empleado en labores con las mallas), con mejor calidad de recolección (6,7% frutos verdes en la masa cosechada).

Beneficio ecológico del café

En beneficio ecológico se investigan métodos para preservar la calidad e inocuidad del café durante la comercialización en húmedo, modalidad que se presenta en diferentes regiones del país; se utiliza la visión artificial en la identificación de defectos en el café húmedo y se adelanta la construcción de una Central de Beneficio en el municipio de Belén de Umbría (Risaralda) con capacidad para 150 toneladas de cps ($12.000 @$ de cps), utilizando tecnologías limpias desarrolladas en Cenicafé (Ecomill®, separador hidráulico, manejo de la pulpa y de las aguas residuales de lavado, entre otras), con la cual se espera atender las necesidades de procesamiento de 105 pequeños productores.

Tabla 22. Desempeño en cosecha de café con el equipo Twist.

Pase	Carga (g/árbol)		Concentración (%)		Rendimiento (kg.h^{-1})		Café verde en masa cosechada (%)	
	Promedio	C.V. (%)	Promedio	C.V. (%)	Promedio	C.V. (%)	Promedio	C.V. (%)
1	2.645,90	50,00	65,1	14,57	69,76	24,61	13,09	33,96
2	1.551,68	21,42	83,1	3,68	50,85	12,04	6,70	12,3

Estudio de técnicas para la conservación del café pergamino húmedo durante la comercialización.

Se evaluó el efecto de tres niveles de contenido de humedad en la calidad del café (física y sensorial), carga microbiana y en la pérdida de materia seca. Se evaluaron tres niveles de contenido de humedad (45%, 40% y 35%) y cuatro tiempos de espera para el inicio del proceso de secado (24 h, 48 h, 72 h y 96 h). Como testigo se tuvo el secado inmediato del café lavado con temperatura de aire de $38 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$. En café secado hasta contenidos de humedad entre 35% y 40% (base húmeda) se observa reducción de la carga microbiana, principalmente de coliformes totales y aerobios mesófilos. Los defectos que se observaron en taza en los diferentes tratamientos incluyen sabor inmaduro (69,2%), seguido de terroso (23,1%) y fermento (7,7%). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y entre éstos y el testigo en la calificación total en la escala SCAA. Tampoco hubo efecto de los tratamientos en la pérdida de materia seca, la cual ha variado entre 0,22% y 1,31% (Figura 34).

Los resultados obtenidos hasta el presente permiten hacer una descripción de la evaluación de los tratamientos, debido a que la probabilidad tipo II fue superior al 25%, lo que indica que el número de unidades experimentales (cinco en cada tratamiento) no fue suficiente para concluir sobre el efecto o no de la interacción y de los factores por separado.

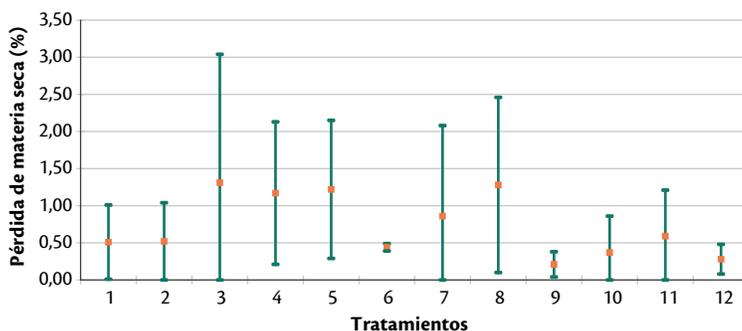


Figura 34. Promedios e intervalos de confianza para la variable pérdida de materia seca en la aplicación de secado a niveles intermedios.

Diseño y construcción de una central comunitaria para el beneficio húmedo del café, utilizando tecnología que no contamina las fuentes de agua.

Se diseñó y construyó el banco de despulpado (Figura 35) conformado principalmente por una zaranda para café en cereza, dos despulpadoras con capacidad para 1.200 kg de café en cereza por hora,

dos zarandas para café despulpado, un transportador de tornillo sinfín para pulpa, un tornillo sinfín para café despulpado clasificado y un tornillo sinfín para las pasillas removidas del proceso principal.

Para la selección de la separación en cada una de las zarandas se realizó un estudio de frecuencias acumuladas (Figura 36), en el cual arriba aparece la distribución de frecuencias y abajo la frecuencia acumulada de la masa de café, correspondiente a los frutos a los cuales se les determinaron los espesores. El estudio arrojó que con una separación de 12,5 mm para la zaranda de café en cereza se separa la masa de café a la mitad, una parte para la despulpadora de frutos con dimensión menor a 12,5 mm y otra para frutos con dimensión mayor a 12,5 mm.

Para la selección de la separación de las zarandas para café despulpado se realizó un estudio similar al anterior, el cual arrojó como resultado una separación de 8,5 mm para la zaranda, donde se clasifica el café de mayor dimensión y una separación de 7,5 mm para la zaranda dedicada a la clasificación de café de menor dimensión.

Se realizaron los diseños arquitectónicos, estructurales, hidro-sanitarios y eléctricos, lo mismo que los cálculos de cantidades de obra y costo de la obra civil. La Figura 37 muestra una imagen virtual del diseño de la central, en el cual se tuvo en cuenta también la armonía con el paisaje cultural cafetero.

Levantamiento de la línea base. Se realizó el levantamiento de línea base, en los componentes social, técnico-económico y ambiental, a partir del cual se pueden definir acciones que contribuyan a la sostenibilidad de la Central de beneficio, en su operación, y en la posibilidad de generar valor agregado a los cafeteros. Se analizó la información y se realizó una jornada de capacitación y entrega de resultados a los socios a través de un taller.

Visión artificial para la selección automática de café pergamino lavado.

Se han caracterizado digitalmente y desarrollado algoritmos para identificar seis diferentes defectos, algunos de ellos de gran importancia económica y para la calidad del café, como son el café brocado, el café fermento y el café inmaduro. Los otros defectos detectados que se encuentran en menor proporción en la masa de café son el café negro, el café mordido y el café aplastado. Con los algoritmos desarrollados se han obtenido eficacias de identificación superiores



Figura 35. Banco de despulpado con zaranda para café en cereza, dos despulpadoras, dos zarandas para café despulpado y tres tornillos sinfín de descarga de pulpa, café despulpado y pasillas.

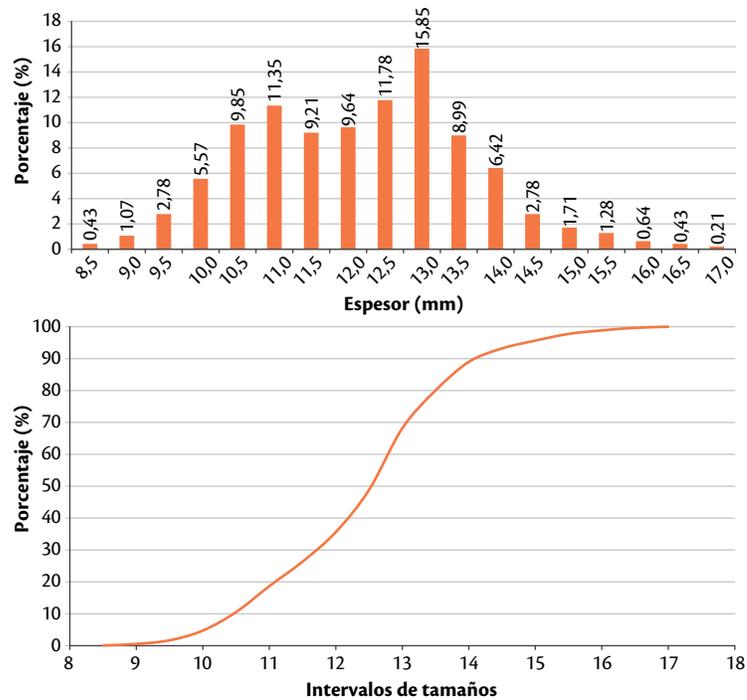


Figura 36. Análisis de distribución de frecuencias para espesor y masa.



Figura 37. Diseño arquitectónico de la obra civil de la Central de Beneficio Ecológico de Belén de Umbría.

al 90% a excepción del defecto café aplastado, cuya eficacia de identificación ha estado entre el 75% y el 80%. No obstante, el café aplastado es escaso en la masa de café lavado y puede atribuirse más al proceso de secado solar donde es común la práctica de pararse sobre el café cuando lo revuelven.

Mecanización del cultivo del café

Evaluación de un dispositivo de accionamiento manual en la recolección de frutos de café caídos al suelo en fincas de particulares. Se realizaron ensayos de recolección de frutos de café caídos al suelo utilizando un dispositivo de accionamiento manual, denominado canastilla, empleado en otros países para recoger frutos del suelo. Se trabajó en dos fincas, Las Brisas (Pereira, Risaralda) y Veracruz (Chinchiná, Caldas) (Figura 38), en cada una se seleccionó un lote con aproximadamente una hectárea, el cual se dividió en dos parcelas con similar número de árboles. En la finca Las Brisas, los árboles eran de 5 años, sembrados a 1,0 x 2,0 m, con pendiente de 0% a 100%. En la finca Veracruz los árboles eran de 4 años, sembrados a distancia de 1,0 x 1,0 m, en terreno con pendiente de 0% a 5%. En la finca Las Brisas se trabajó con tres operarios, dos hombres y una mujer, con edades de 25, 50 y 35 años, respectivamente. En Veracruz, con dos operarios, hombres con edades de 25 años.

En cada parcela se registró el nivel de infestación de broca, el número de frutos en los platos de los árboles, en 30 árboles tomados aleatoriamente, antes y después de utilizar la canastilla; el tiempo empleado y el valor del jornal. Previo a la recolección de café en cada parcela se capacitó a los operarios en el manejo del dispositivo. Los frutos de café en los platos de los árboles en promedio en las fincas Las Brisas y Veracruz fueron 4,4 y 5,4 por árbol, respectivamente, inferior y ligeramente superior al máximo recomendado para la aplicación del MIB (5,0 frutos/árbol), respectivamente. Con la canastilla se recogió en promedio el 57,0% y el 42,4% de los frutos inicialmente presentes, respectivamente, resultado similar al observado con la máquina Cifarelli V77S. El costo de recolección de café del suelo con la canastilla varió de \$86.340 a \$172.679 por hectárea con densidades de siembra de 5.000 y 10.000 plantas/ha, respectivamente, inferiores a los obtenidos con la máquina Cifarelli V77S.



Figura 38. Recolección de frutos de café caídos al suelo en las fincas Las Brisas (a y b) y Veracruz (c y d).

Línea PPR0400

Consolidación de la red de distribución de semilla

Producir y distribuir semillas mejoradas de café con el sistema de trazabilidad. Para los meses de octubre a diciembre del 2013 y el año 2014 se puso a disposición de los caficultores un total de 75.803 kg de semilla para el programa de renovación de la caficultura colombiana, adelantado por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Tabla 23).

Los resultados de las pruebas en el laboratorio indican que los lotes distribuidos tuvieron germinaciones en promedio de 94% para las variedades Castillo® General, Castillo® Naranjal, Castillo® El Rosario, Castillo® El Tambo, Castillo® Pueblo Bello y Tabi; y del 95% para las variedades Castillo® Paraguaicito, Castillo® La Trinidad y Castillo® Santa Bárbara (Figura 39). Las pruebas en arena arrojaron en promedio 93% de germinación para las variedades Castillo® General, Castillo® Naranjal, Castillo® El Rosario, Castillo®

Tabla 23. Distribución de semilla año cafetero 2013 - 2014.

Comité de Cafeteros / otros	Cenicafé (kg)	Fincas (kg)
Antioquia	3.361	
Boyacá	4.302	
Caldas	3.348	
Cauca	16.215	1.500
Cesar-Guajira	2.510	500
Cundinamarca	3.351	
Huila	5.529	
Magdalena	330	
Nariño	1.701	500
Norte de Santander	3.780	500
Oficina Coordinadora Caquetá	550	
Oficina Coordinadora Casanare	150	480
Oficina Coordinadora Meta	900	
Otros	239	
Quindío	608	160
Risaralda	1.940	126
Santander	5.976	1.000
Tolima	9.950	
Valle	4.367	1.950
Total	69.100	6.720

Paraguaicito, Castillo® La Trinidad y Castillo® Pueblo Bello; del 94% para Castillo® El Tambo y Tabi; y del 92% para Castillo® Santa Bárbara (Figura 40).

Desarrollar la normatividad de producción de almácigos comerciales de variedades de café producidas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Como se observa en la Tabla 24, hay en total 176 almácigos comerciales registrados ante el ICA y en muchos de ellos se registran variedades no resistentes a la roya, lo que se convierte en un riesgo para garantizar la identidad y viabilidad genética del material de siembra, que busca que todas las renovaciones se establezcan con variedades resistentes como Castillo® y Tabi.

El protocolo creado hace referencia a los atributos de calidad que debe cumplir el colino entregado a los cafeteros, por parte de cualquier persona natural que se dedique a la producción y/o comercialización de colinos de café. En éste se menciona la obligatoriedad

de que todo proveedor deberá estar registrado ante el ICA, y cumplir la resolución 3626. Los proveedores de colinos deberán conocer y cumplir los requisitos y las recomendaciones establecidas en este Protocolo. El contenido del protocolo aborda los siguientes componentes temáticos como requisito: establecimiento de germinadores, establecimiento en el campo de los almácigos comerciales, responsabilidades del viverista y manejo y prevención de los riesgos sociales y ambientales.

Inscripción de las variedades producidas por Cenicafé-FNC ante el registro nacional de cultivares y el proceso de producción de semilla certificada. Se realizaron los trámites legales exigidos por el ICA para obtener los derechos de obtentor de variedad al genotipo CU1812, publicado en la Gaceta de Variedades Vegetales Protegidas del ICA, volumen 16 de diciembre del 2013. Así mismo, se inscribieron para este proceso, los genotipos CU1855, CU1990, CX2848, CX2197, CX2385, CX2720 y CX2866.

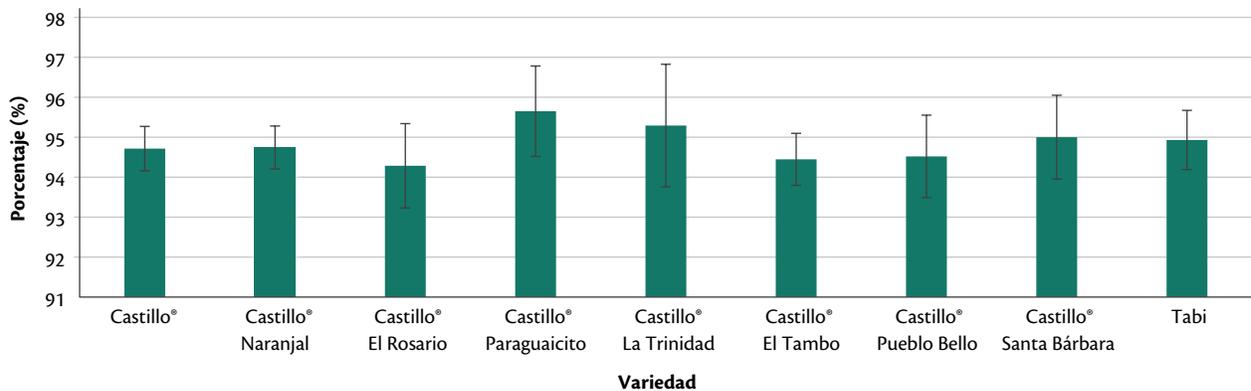


Figura 39. Pruebas de germinación de la semilla en el laboratorio, año 2014.

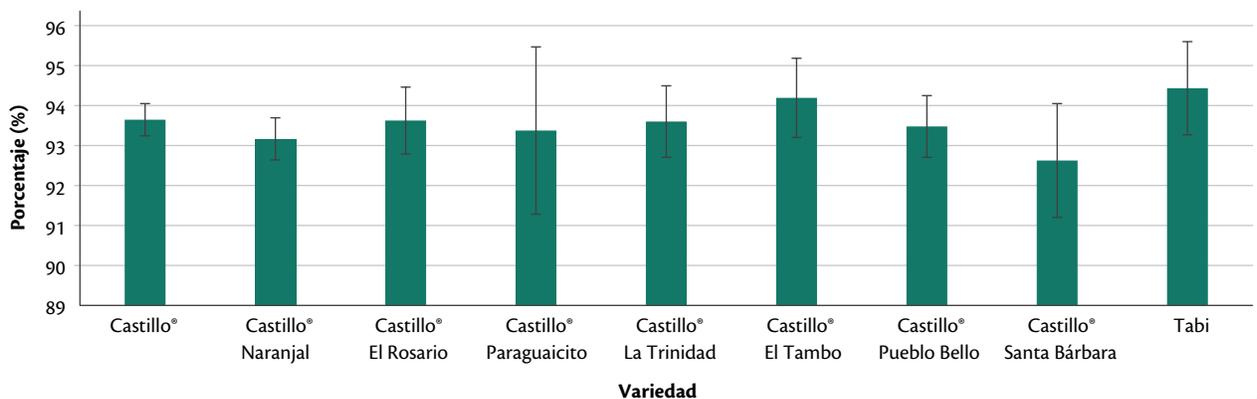


Figura 40. Pruebas de germinación de la semilla en arena, año 2014.

Tabla 24. Número de almácigos con las variedades registradas por departamento.

Departamento	Número de almácigos	Variedades	
Boyacá	1	Caturra, Tabi, Borbón, Geisa, Maragogipe, Castillo®	
Caldas	26	12	Castillo® y/o Colombia
		1	Caturra, Costa Rica, Castillo®
		9	Caturra, Castillo®, Colombia
		3	Caturra
		1	Castillo®, Catimore
Cundinamarca	1	Castillo®	
Huila	71	41	Castillo®, Colombia
		29	Castillo®, Colombia, Caturra
		1	Caturra, Castillo®, Catimore
Santander	1	Castillo®	
Valle del Cauca	29	24	Castillo®
		2	Caturra
		3	Colombia
Risaralda	47	33	Castillo®
		8	Castillo®, Tabi
		2	Castillo®, Colombia
		1	Castillo®, Colombia, Caturra, Costa Rica
		3	Castillo®, Colombia, Caturra

Queda pendiente la publicación en una nueva edición de la Gaceta de Variedades Protegidas de estas últimas variedades registradas.

Se realizó la planeación e inicio en la Estación Central Naranjal de las pruebas de distinguibilidad, homogeneidad y estabilidad, como continuación del proceso de derechos obtentor de variedad. Cumpliendo con los requerimientos para el registro como productores de semilla certificada y seleccionada, se construyó el informe basado en la vigente resolución 970 de marzo del 2010, que establece los parámetros necesarios para ser productores de semilla; este informe será presentado al ICA, quien determinará mediante resolución las obligaciones y estándares de producción de la semilla certificada y seleccionada de café Variedad Castillo® y sus derivados regionales.

Línea PPR0500

Estrategias de protección del cultivo

Evaluar estrategias de control de artrópodos plagas del café dentro de un programa de manejo integrado.

Evaluación de la capacidad depredadora de *Cathartus quadricollis* y *Ahasverus advena* en café pergamino seco brocado.

Con el propósito de tener nuevas alternativas de control biológico de la broca del café, se establecieron crías de dos depredadores nativos: *Cathartus quadricollis* y *Ahasverus advena* (Coleoptera: Silvanidae), en condiciones controladas de laboratorio (24°C y 70 ± 2% HR). Con el fin de evaluar la capacidad depredadora de estas dos especies sobre poblaciones de broca, se conformaron unidades experimentales compuestas por un vial de vidrio con tapa y orificio de ventilación, con un grano de café pergamino seco de 47% de humedad, de 20 días de infestado, con un promedio de 7 ± 1,5 estados biológicos de broca y una hembra adulta de cada especie de depredador. Se tuvieron 30 unidades experimentales (UE) por depredador con sus respectivos controles sin enemigo natural, las cuales se mantuvieron durante 35 días cuando se evaluó el total de estados inmaduros de broca. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva. Los resultados mostraron que *C. quadricollis* depredó en promedio 86,1% de los estados biológicos de broca, mientras que *A. advena* depredó el 65,5% (Figura 41). Estas especies de coleópteros podrían ser involucradas en programas de control biológico por incremento, dentro del Manejo Integrado de la Broca del café en cultivos de café en el país.

Evaluación de un dispositivo de accionamiento manual en la recolección de frutos caídos al suelo para el control de la broca del café.

Con el objetivo de contribuir al manejo integrado de la broca del café se evaluó un dispositivo de accionamiento manual para recolectar frutos del suelo (Figura 42), en nueve localidades y once lotes sembrados con *Coffea arabica* Variedad Castillo®, de 4 años de edad, con densidades entre 2.256 y 5.400 árboles con distancias de siembra de 1,0 x 1,0 m, 1,3 x 1,0 m y 1,5 x 1,0 m. Cada lote se dividió en dos partes

iguales: parcela testigo y parcela tratamiento, con igual número de árboles. En la parcela tratamiento se recolectaron con la canastilla todos los frutos de café caídos al suelo después del último pase de cosecha de mitaca y principal, mientras que en la parcela testigo no se recolectaron los frutos. En cada parcela se evaluó el porcentaje de infestación de broca en 30 árboles y la calidad de la almendra medida con el factor de almendra sana, del esquema actual de compra de Almacafé a partir de un volumen de 250 g de café pergamino seco (cps) trillado, obtenido de la cosecha de 90 árboles de café seleccionados aleatoriamente. La eficacia de recolección de frutos del suelo con el equipo osciló entre 42% y 88%, dependiendo del nivel de hojarasca en el suelo, el porcentaje de la pendiente del lote y la densidad de ramas bajas. El costo de mano de obra en la recolección de frutos del suelo varió entre \$14.624 y \$91.259 por hectárea, dependiendo del número de árboles. Con la canastilla

se pudieron retirar del lote hasta 140.800 brocas con los frutos recolectados. Los resultados mostraron que el repase de los frutos del suelo con la canastilla al final de cada cosecha disminuye los niveles de infestación de broca en el árbol en la cosecha siguiente entre un 32,5% y 58,4% con respecto al testigo (Figura 43). Los mejores resultados se obtuvieron cuando la eficacia en la recolección de los frutos del suelo fue superior al 65%. Estos valores permitieron mantener las poblaciones de broca en el lote por debajo del umbral de daño económico y se recibieron beneficios económicos e incentivos al obtener un nivel superior de porcentaje de almendra sana superior al 75% en la parcela tratamiento con respecto al testigo, que generan sobrepuestos de hasta \$81.965 pesos en el pago de una carga de 125 kg de cps. El sobrepuesto en el pago del café en la finca permitió generar excedentes de dinero para el pago de mano de obra en el repase y tener café de mejor calidad.

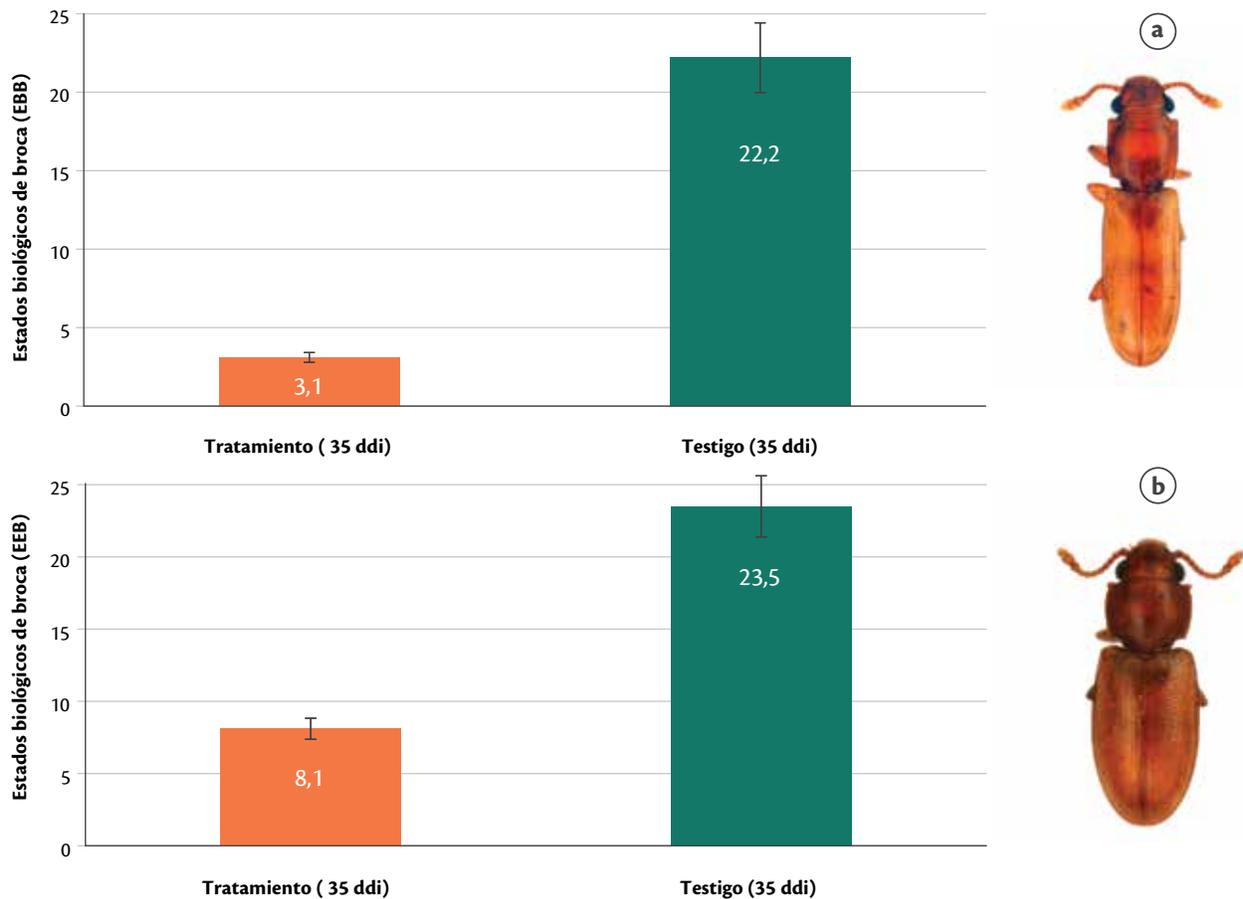


Figura 41. Evaluación de la capacidad depredadora de (a) *Cathartus quadricollis* y (b) *Ahasverus advena* en diferentes estados biológicos de la broca del café.

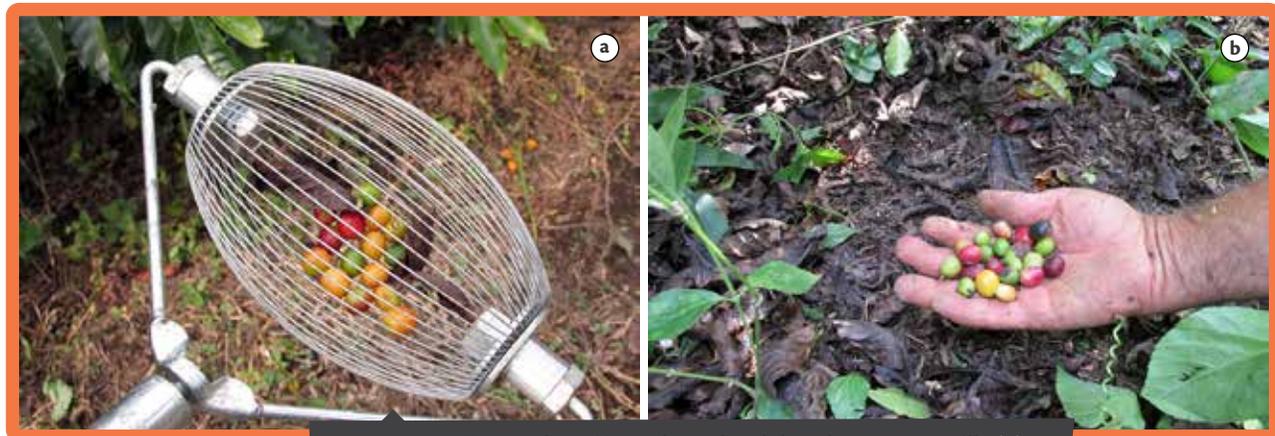


Figura 42. Frutos de café recolectados del suelo con canastilla (a).
 Cuento de frutos de café caídos al suelo (b).

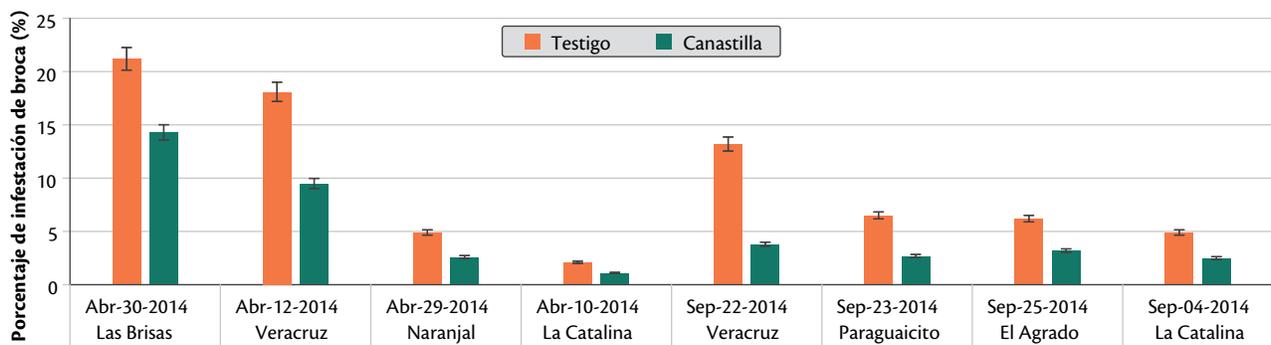


Figura 43. Porcentajes de infestación de broca obtenidos durante las cosechas de mitaca y principal de 2014, después del repase con la canastilla en la parcela tratamiento.

Estudio sobre la repelencia y la atracción de la broca del café como herramienta para el manejo agroecológico en los cafetales colombianos.

Con el propósito de identificar plantas que emiten compuestos volátiles orgánicos repelentes o atrayentes de la broca del café, para ser utilizados en el diseño y manejo agroecológico de esta plaga en cafetales colombianos, se estandarizó un bioensayo en olfatómetro de flujo de aire tipo tubo en Y (Figura 44) y se realizaron evaluaciones de atracción-repelencia con cinco especies botánicas usando 100 brocas por día con tres repeticiones. Las brocas fueron colocadas en el tubo en Y, de tal manera que podían escoger caminar hacia: (1) granos de café maduros o (2) granos de café maduros junto con hojas de: estevia, caléndula, tabaco, artemisa y guayacán amarillo. Se cuantificó el número y el promedio de brocas que se movieron hacia cada opción. La broca mostró repelencia hacia la estevia, la caléndula, la artemisa y el tabaco (Figura 45), caso contrario sucedió con el guayacán amarillo, el cual no

ejerció interferencia en la selección de la broca del café y, por lo tanto, la broca no mostró ni preferencia ni repelencia. Esta planta seguirá siendo usada como tratamiento control en futuras evaluaciones. Las perspectivas que ofrece este conocimiento son llevar al campo las plantas promisorias y sembrarlas en un diseño agroecológico tipo push-pull, fundamentado en las interacciones funcionales de las plantas acompañantes para reducir la incidencia de la broca del café.

Análisis exploratorio de la riqueza poblacional de insectos benéficos en cafetales, en los cuales se aplicaron nuevos productos químicos para el control de la broca del café.

Con el fin de establecer el efecto de los productos Preza® y Voliam Flexi® sobre fauna benéfica, se ubicaron trampas Malaise para la captura de especies de Hymenoptera en parcelas con aplicaciones periódicas de estos insecticidas y un testigo sin aplicaciones de químicos. Se realizó un análisis de la riqueza de las poblaciones

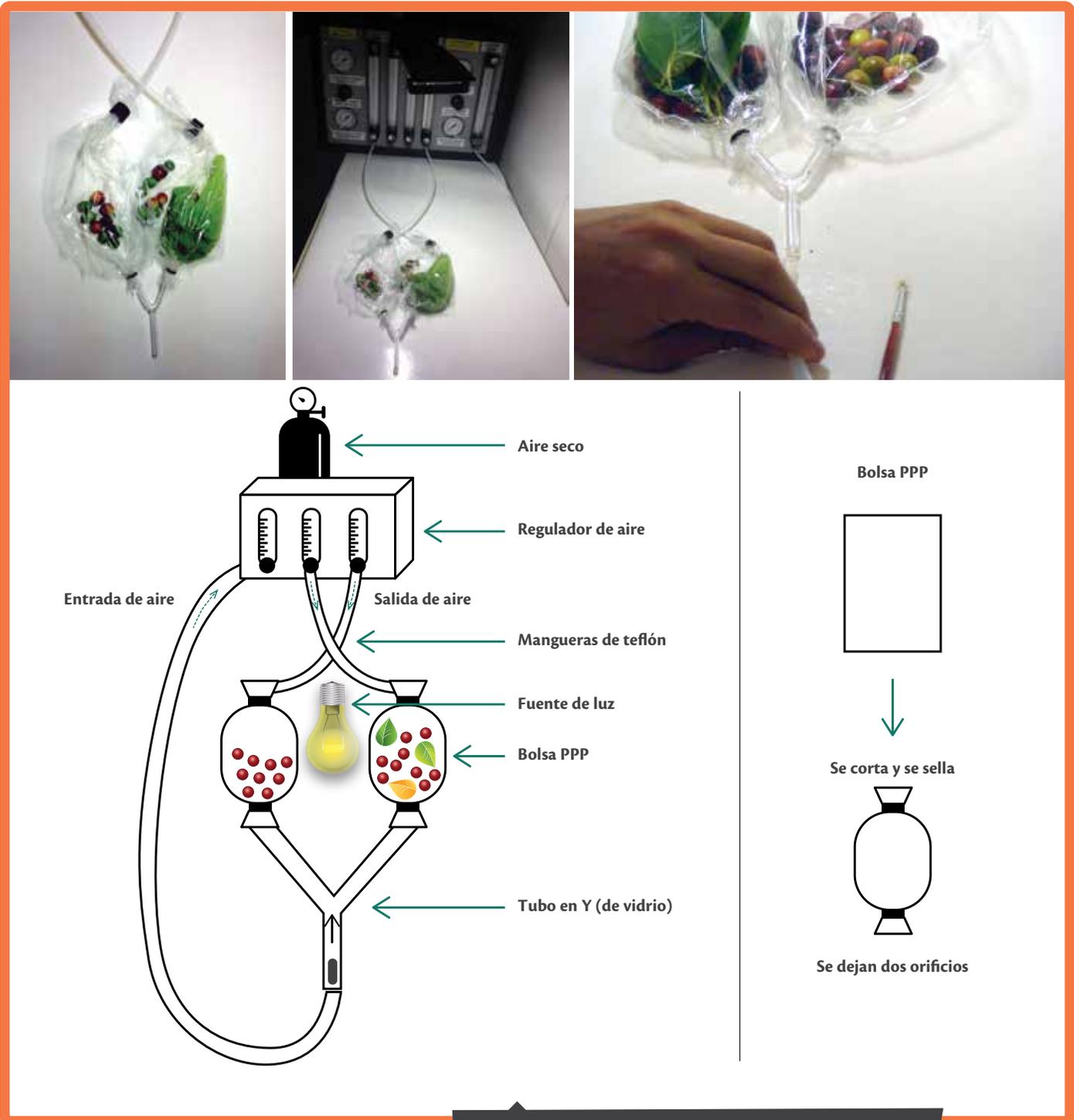


Figura 44. Diseño y montaje del olfatómetro tubo en Y.

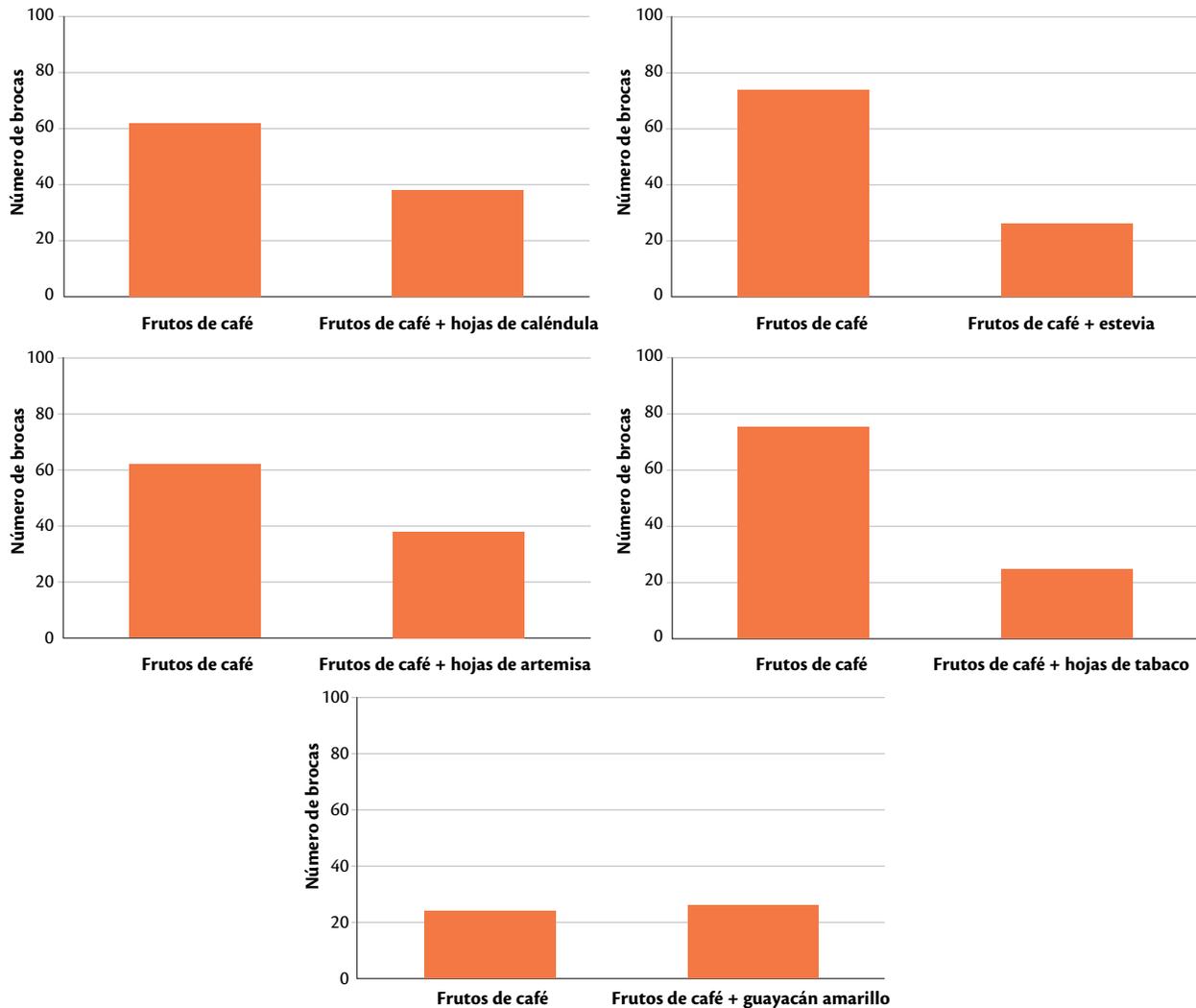


Figura 45. Resultados de preferencia de la broca del café frente a frutos de café con interferencia de partes de plantas de estevia, caléndula, tabaco, artemisa y guayacán amarillo.

antes y después de aplicar los insecticidas y se comparó con el testigo. Los resultados preliminares no muestran un efecto negativo inicial sobre los enemigos naturales con alguno de los productos usados (Figura 46); sin embargo, se recomienda ajustar la metodología de evaluación y aumentar el número de trampas.

Evaluación y desarrollo de equipos de aspersión para el control de plagas, enfermedades y arvenses de interferencia en el cultivo del café en Colombia. Se desarrollaron el concepto y prototipos de equipos de aspersión que generen menor impacto ambiental y a la salud humana, y que se adapten a las condiciones de la caficultura colombiana (Figura 47). Las características de estos equipos permitieron que fueran eficaces en el control

de plagas, enfermedades y arvenses de interferencia, y que a su vez disminuyeran el volumen de aplicación de mezcla, la cantidad de pesticidas y la contaminación a los operarios. Como consecuencia de esto, se presentaron los resultados a la industria privada, mediante un acuerdo de confidencialidad, de tal manera que se espera validar pronto un equipo en el campo con los parámetros descritos.

Diagnóstico y validación de estrategias de control de cochinillas de las raíces en los departamentos de Norte de Santander y Valle del Cauca. Las cochinillas de las raíces del café son la plaga más limitante del cultivo en el establecimiento de nuevas plantaciones. El objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico del estado actual de las cochinillas de las raíces en los departamentos del

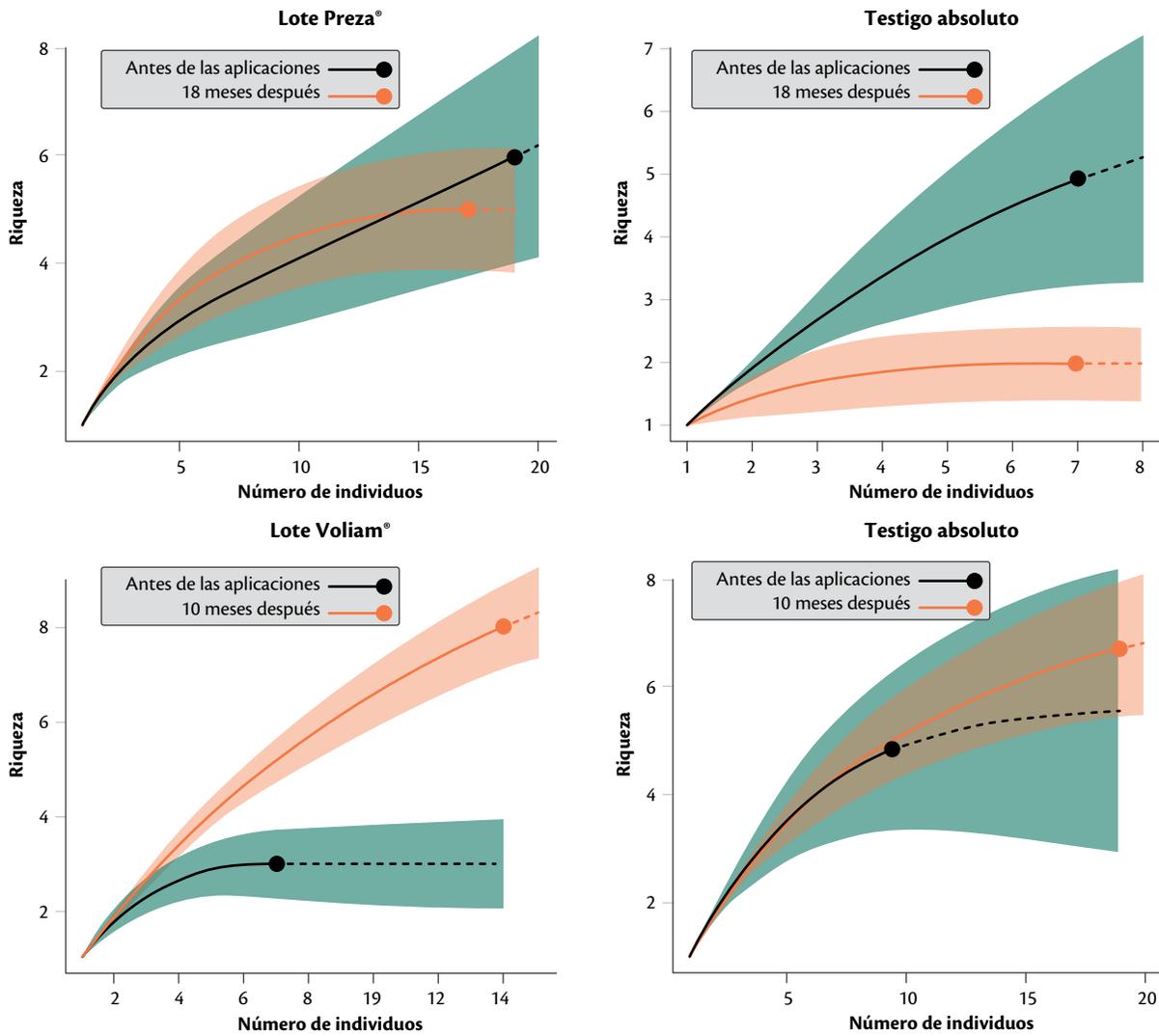


Figura 46. Riqueza y abundancia de especies de Hymenoptera en parcelas, con y sin uso de productos insecticidas, nuevas moléculas para el control de la broca del café en Colombia.



Figura 47. Concepto de un equipo para la aspersión de pesticidas en el cultivo del café en Colombia.

Valle del Cauca y Norte de Santander y validar los planes de manejo. El muestreo se realizó en cafetales jóvenes, menores a 2 años, en alrededor de 85 fincas, seleccionadas aleatoriamente a partir del Sistema de Información Cafetera SIC@, tanto en el Valle del Cauca como en Norte de Santander. Se estimó el porcentaje de fincas afectadas por cochinillas, el error de muestreo, el porcentaje de árboles infestados con su respectivo intervalo de confianza y se identificaron las especies de cochinillas presentes en cada finca. Respectivamente para el Valle del Cauca y Norte de Santander, el porcentaje de fincas infestadas fue del 56,4%, con un error de muestreo de 10,8% y de 43%, con un error de muestreo de 10,7%. De los árboles evaluados en las fincas infestadas tenían cochinillas el 75,2% en el Valle del Cauca y 69,2% en Norte de Santander, con un intervalo de confianza de 17,8 y 11,5. Las especies de cochinillas más frecuentes en ambos departamentos fueron *Puto barberi* (Cockerell), especie que prevalece tanto en presencia como en abundancia, y varias especies del género *Dysmicoccus* (Tabla 25); para el departamento de Norte de Santander se observó además, la escama *Toumeyella coffeae*.

Posterior al diagnóstico, en Norte de Santander se realizó una validación de las estrategias de manejo en etapa de almácigo, lotes del primero y segundo año de establecimiento, donde experimentalmente se identificaron tres productos químicos eficaces: Silex® y Engeo® en almácigo, así como Silex® y Verdadero® en lotes de primero y segundo año de establecimiento (Tabla 26). Estos productos tienen extensión de etiqueta por el ICA para el control de cochinillas en café, los cuales se recomiendan aplicar al suelo, con una humedad a capacidad de campo y siguiendo las normas para la aplicación de insecticidas. Con las experiencias de validación en el departamento de Norte de Santander, donde se visitaron 28 fincas, se establecieron los criterios para la toma de decisiones en el manejo integrado de las cochinillas de las raíces del café (Tabla 27), las cuales actualmente se están validando en el Valle del Cauca mediante parcelas IPA, así: (i) Validación en almácigos de café, (ii) Siembra nueva en un lote infestado por cochinillas, (iii) Lote de café de 0-12 meses con presencia de cochinillas y buen manejo agronómico, y (iv) Resiembras escalonadas en lotes con afectación severa y con mal manejo agronómico.

Evaluación de insecticidas para el manejo de cochinillas de la raíz en árboles de café, durante el establecimiento de cafetales. En un cafetal infestado por cochinillas de las raíces del café y donde en tres ocasiones anteriores no había sido posible

establecer una siembra exitosa de café, se evaluó experimentalmente durante el primer año del cafetal, la eficacia de tres productos con licencia ICA para el control de esta plaga: Silex®, Engeo® y Verdadero®. Estos tratamientos fueron acompañados de un plan de fertilización recomendado por Cenicafé, de acuerdo al análisis de suelos y los requerimientos del cultivo. Se tuvo un testigo de comparación donde no se aplicaron insecticidas. Los resultados indican que Silex® y Verdadero® disminuyen las poblaciones de cochinillas en las raíces, con diferencias estadísticas con respecto al testigo.

Tabla 25. Especies de cochinillas registradas en el Valle del Cauca y Norte de Santander.

Especies de cochinillas de la raíces del café	
Valle del Cauca	Norte de Santander
<i>Dysmicoccus boninsis</i>	<i>Dysmicoccus brevipes</i>
<i>Dysmicoccus</i> sp.	<i>Dysmicoccus inquilinus</i>
<i>Geococcus coffeae</i>	<i>Dysmicoccus joannesiae</i>
<i>Neochavesia caldasiae</i>	<i>Dysmicoccus mackenziei</i>
<i>Dysmicoccus joannesiae</i>	<i>Dysmicoccus radialis</i>
<i>Phenacoccus</i> sp.	<i>Dysmicoccus</i> sp.
<i>Dysmicoccus mackenziei</i>	Especie Nueva
<i>Pseudococcus affinis</i>	<i>Geococcus coffeae</i>
<i>Pseudococcus elisae</i>	<i>Pseudococcus affinis</i>
<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	<i>Pseudococcus mandio</i>
<i>Pseudococcus landoi</i>	<i>Puto barberi</i>
<i>Dysmicoccus texensis</i>	<i>Rhizoecus coffeae</i>
<i>Puto barberi</i>	<i>Toumeyella coffeae</i>
<i>Rhizoecus americanus</i>	
<i>Rhizoecus nueva especie</i>	
<i>Ripersiella andensis</i>	
<i>Toumeyella coffeae</i>	

Tabla 26. Insecticidas con registro ICA para el control de las cochinillas harinosas de la raíz del café.

Nombre comercial	Etapas del cultivo	Dosis	Volumen mezcla/planta
Engeo	Almácigos	0,5 cc.L ⁻¹	50 cc
Silex	Almácigos	3 g.L ⁻¹	50 cc
Verdadero	Plantaciones establecidas	0,031 g/planta	100-400 cc, varía con la edad del cultivo
Silex	Plantaciones establecidas	0,3 g/planta	100-400 cc, varía con la edad del cultivo

Tabla 27. Estado del cafetal, estado de afectación ocasionado por las cochinillas de las raíces del café y recomendación de manejo según la etapa de desarrollo del cafetal.

Estado del cafetal	Manejo agronómico	Estado fitosanitario	Estado del cultivo
Almácigo AL	Adecuado MA	Con cochinillas CHO	Daños (amarillamiento - improductivo - muerto) DA
Levante y producción PRO	Inadecuado MINA	Sin cochinillas SIN	Sano (aparentemente, con producción y sin clorosis) SAN
Almácigos ALMACHODA = eliminar ALMACHOSAN = control ALMINA = eliminar ALMASIN = estado ideal		Levante y producción PROMACHODA = eliminar, resembrar PROMACHOSAN = control PROMINACHODA = eliminar, resembrar PROMINACHOSAN = control, cosecha, eliminar, resembrar PROMASIN = estado ideal	

Evaluar estrategias de control de enfermedades del café dentro de un programa de manejo integrado.

Evaluación de fungicidas en el control de enfermedades del café en Colombia.

Investigaciones desarrolladas en Cenicafé sobre el uso de fungicidas para el control de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix*, mancha de hierro *Cercospora coffeicola* y mal rosado *Erythricium salmonicolor*, han generado recomendaciones, permitiendo controlar el impacto de estas enfermedades. Las condiciones climáticas actuales han llevado a diferentes empresas a desarrollar nuevas moléculas, más eficientes, menos tóxicas para el ambiente, fáciles de aplicar y económicas para el productor. Actividades en el campo han permitido avanzar en la evaluación de eficacia y momentos de aplicación de varios fungicidas para el control de enfermedades en café. Los resultados iniciales indican que con la aplicación del fungicida flutriafol + azoxystrobin puede controlarse la roya del cafeto, empleando el calendario de 60 días después de floración (ddf), con un refuerzo de una segunda aplicación 45 días después. Esto significa un tránsito entre una recomendación manejada con calendarios, a otra orientada al período de floración principal. Por otro lado, el producto flutriafol + imidacloprid, en dosis de 2,0 y 1,5 L de producto comercial por hectárea, respectivamente, siguiendo el calendario fijo de cosecha para el segundo semestre del año, ha mostrado menores valores para el porcentaje de incidencia y de severidad de roya en cafetales jóvenes bajo sombra. Estos niveles de roya en un cultivo de 12 meses, sugieren que el manejo de la enfermedad debe iniciarse de manera temprana, dado que bajo sombrío las epidemias pueden desarrollarse en cortos períodos de tiempo.

Evaluaciones con el producto cyproconazole + thiamethoxam han permitido determinar que, aplicado 60 días después de ocurrir la mayor concentración de floración en el cultivo, encuentra en lo fisiológico (nuevo desarrollo vegetativo de la planta) y en lo patológico (cantidad de inóculo remanente de la epidemia anterior que influye en los inicios de los nuevos ciclos del patógeno) unas condiciones que le permiten al producto tener una mayor acción y, por lo tanto, efectividad protectora. Esto muestra que este sistema puede resultar más útil desde el punto de vista biológico y más sencillo para el productor de café. Con este criterio de aplicación de los fungicidas se ejerce una protección temprana del follaje contra la roya, con un inicio de manejo del hongo ajustado a la fenología del cultivo y, por ende, a las condiciones ambientales. El efecto del producto cyproconazole + thiamethoxam en el vigor y productividad de plantas de café de la Variedad Castillo® y en el control de la mancha de hierro y mal rosado ha sido evaluado durante varios años. Este efecto bioactivador no ha sido demostrado experimentalmente, así como tampoco una acción biológica sobre las enfermedades mancha de hierro y mal rosado.

Evaluar estrategias de control de arvenses de interferencia en el cultivo del café dentro de un programa de manejo integrado.

Evaluación de estrategias de control de arvenses en el cultivo de café dentro de un programa de manejo integrado.

El cultivo del café, en todas sus etapas de desarrollo, es sensible a la interferencia de las arvenses, con reducciones potenciales de productividad entre el 60% al 100%. Las herramientas

de control químico de arvenses (herbicidas) permiten una eficiencia y rentabilidad al agricultor, y si son implementadas dentro de un programa de manejo integrado, pueden minimizar los impactos ambientales negativos al suelo, las aguas y la biodiversidad. Con el objetivo de identificar alternativas de control químico de arvenses en etapa de almácigo de café, se evaluaron seis herbicidas comerciales (cuatro preemergentes y dos postemergentes). Para esto se establecieron almácigos de café Variedad Castillo® durante el primer semestre del año 2014, usando bolsas de 17 x 23 cm, en las Estaciones Experimentales La Catalina y Paraguaicito, con 9 tratamientos (Tabla 28).

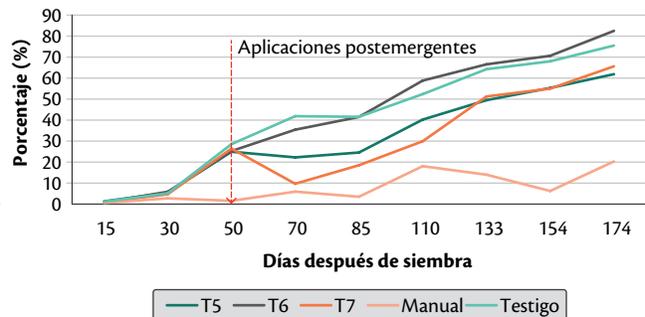
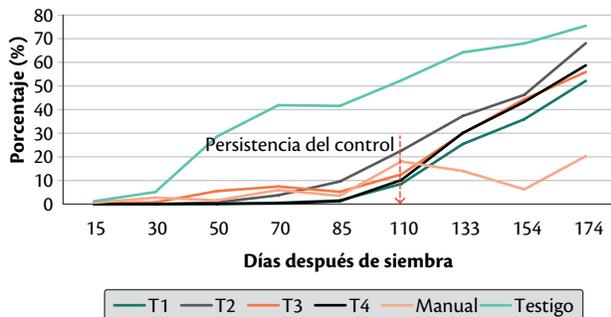
Los resultados muestran que con la aplicación de herbicidas preemergentes, en La Estación La Catalina, se alcanza una persistencia de 110 días con niveles de cobertura de arvenses inferiores al 30% (Figura 48), mientras que para la Estación Paraguaicito, la persistencia con preemergentes fue inferior a 70 días. Con relación al control con los herbicidas postemergentes, en las dos localidades, éstos no controlaron eficientemente las arvenses, mostrando recuperación en el crecimiento y competencia sobre la planta de café.

El análisis del peso de la materia seca de las plantas de café en almácigo con el control de arvenses, muestra en general, que los herbicidas pre-emergentes no afectaron el crecimiento de las plantas, contrario al efecto de los postemergentes (Figura 49). Estos resultados son promisorios para futuras investigaciones con herbicidas preemergentes en programas de manejo integrado de arvenses, en diferentes etapas del cultivo de café.

Tabla 28. Descripción de tratamientos para el manejo de arvenses en almácigos de café.

Tratamiento	Producto-control	Dosis	Concentración
1	Preemergente I	2 L.ha ⁻¹	3,6 cm ³ .L ⁻¹
2	Preemergente II	2 L.ha ⁻¹	3,6 cm ³ .L ⁻¹
3	Preemergente III	2 L.ha ⁻¹	3,6 cm ³ .L ⁻¹
4	Preemergente IV	1,25 L.ha ⁻¹	2,3 cm ³ .L ⁻¹
5	Postemergente I	1,0 L.ha ⁻¹	1,8 cm ³ .L ⁻¹
6	Postemergente II	1,0 L.ha ⁻¹	1,8 cm ³ .L ⁻¹
7	Postemergente I + Postemergente II	0,5 L.ha ⁻¹	0,92 cm ³ .L ⁻¹
8	Control manual		
9	Sin control		

La Catalina



Paraguaicito

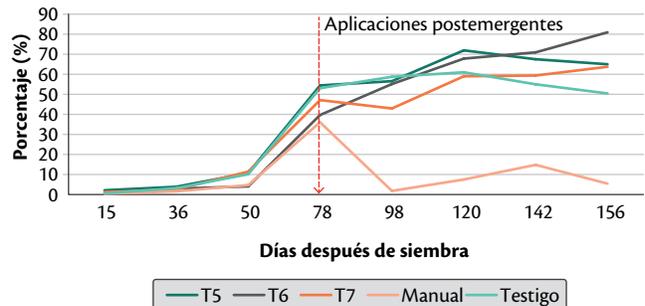
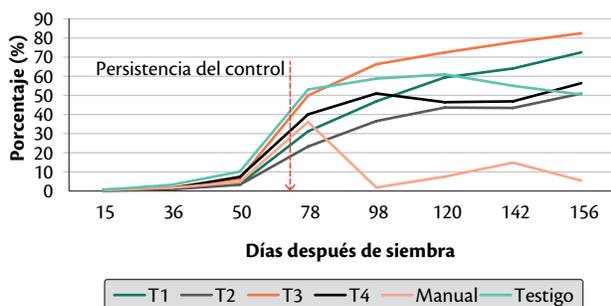


Figura 48. Persistencia del control de las arvenses con diferentes alternativas de control.

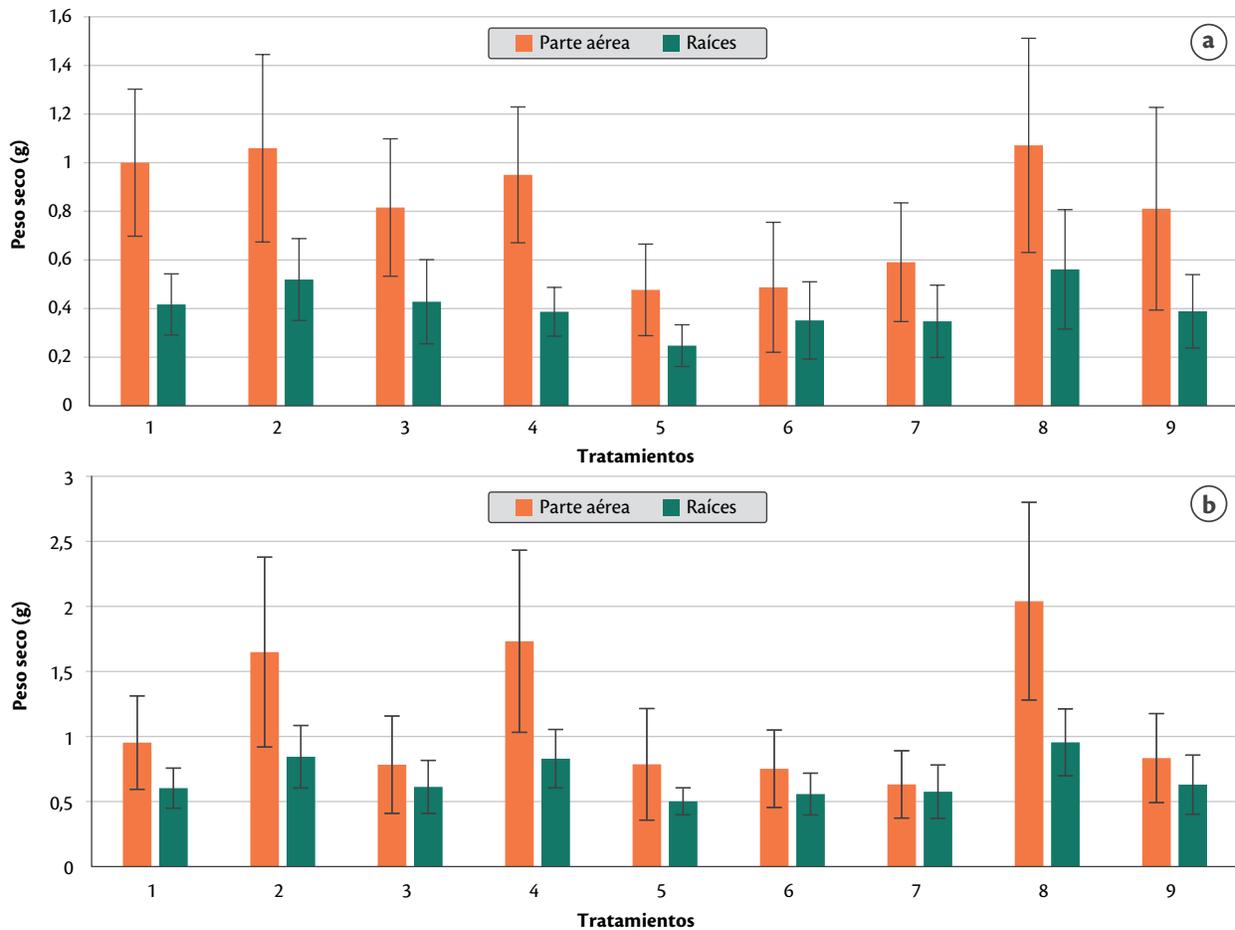


Figura 49. Peso de materia seca aérea y de raíces en almácigos de café localizados en (a) La Estación La Catalina y (b) Paraguaito.

Línea PPR0600

Evaluación de germoplasma

El germoplasma de café es la materia prima para el desarrollo de variedades, y su conocimiento es necesario para definir las metas de mejoramiento y las estrategias de uso, manejo y evaluación. El conocimiento del germoplasma abarca la caracterización molecular, la caracterización morfo-fisiológica, la evaluación de la resistencia/tolerancia a factores bióticos, los caracteres fisiológicos, ligados al funcionamiento y eficiencia en el uso de los diferentes recursos, y la variación de precursores químicos ligados al perfil sensorial.

Identificar genotipos promisorios en términos de rendimiento y uso eficiente de recursos (nutrientes, agua, carbono y radiación).

Establecimiento de una colección núcleo de la Colección Colombiana de Café.

La Colección Colombiana de Café-CCC- está constituida por 1.110 accesiones, de las cuales 956 corresponden a *C. arabica* y de éstas el 52% es de origen etíope. La CCC se ha evaluado parcialmente por características morfológicas y agronómicas tales como producción, características de grano, factores de resistencia a la roya y CBD, resistencia a la broca del café, resistencia a nematodos, contenido de cafeína, grasas y sólidos solubles, entre otros. El tamaño de esta colección ha dificultado su caracterización, evaluación y posterior uso. Con el fin de evitar estos problemas se generó una colección central o núcleo, la cual contiene un número limitado de accesiones que representan, con un mínimo de repetibilidad, la diversidad genética de una especie y de sus parientes silvestres.

En el 2014 se determinó la distancia genética y la frecuencia alélica en 670 introducciones del germoplasma de café. Con esta información se

estableció la estructura poblacional del germoplasma, asignando individuos a poblaciones con base en el patrón de diversidad genética. Se determinaron 23 sub-poblaciones (Figura 50), y se inició el análisis de la conformación de grupos con base en diferentes criterios. Hasta el momento se han analizado cinco grupos.

Grupo 1: Canephoroides. En este grupo se encuentran en una proporción mayor al 50% los genotipos Congensis y Canephora.

Grupo 9: Está conformado por selecciones recolectadas por Thomas en 1942 en Sudán y de Etiopía.

Grupo 10: Otras especies diploides. Este grupo contiene las especies diploides diferentes a Canephora, tales como *C. liberica*, *C. eugenioides*, *C. kapakata*, *C. salvatrix* y *C. racemosa*.

Grupo 12: Variedades cultivadas. Está conformado por variedades cultivadas principalmente en América. También se encuentran variedades sembradas en India, El Congo, Tanganika y Kenia.

Grupo 11: Está conformado por variedades obtenidas en programas de mejoramiento de India, Tanzania y Etiopía.

En la Tabla 29 se recopila la información que sobre germoplasma se ha generada en Cenicafé.

Tabla 29. Datos de evaluación/caracterización del germoplasma de café de Cenicafé.

Tipo de información recopilada	Número de accesiones
Datos de pasaporte (origen)	1.110
Agronómicos y de crecimiento	300
Alélica (50 loci)	700
Compuestos químicos (NIRs)	283
Morfo-fisiológica	23

Caracterización de 300 accesiones de Etiopía utilizando marcadores morfológicos, agronómicos y moleculares. Se finalizó la toma de datos de producción, calidad física (física y sensorial) y resistencia a la roya de 300 accesiones etíopes de la CCC. Las accesiones se establecieron para su evaluación en seis lotes experimentales (50 accesiones por lote) en la Estación Experimental Naranja (Caldas). El análisis de varianza mostró que

existen diferencias significativas entre genotipos para producción y tamaño de grano (Tablas 30 y 31; Figuras 51 y 52). Se empleó la prueba de Dunnett al 5%, para identificar las diferencias entre los genotipos, utilizando como controles la variedad Típica y *C. canephora*.

En la Figura 51, se observa la distribución del promedio de la producción correspondiente a cuatro cosechas (2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014), para cada una de las 50 accesiones de cada experimento y la de los testigos *C. arabica* var. Típica y *C. canephora*.

Dentro de las accesiones evaluadas se observan diferencias significativas ($p < 0,0001$) en términos de producción. Esta variabilidad representa el potencial del germoplasma para el desarrollo de variedades altamente productivas. Se observa que existen accesiones con producción semejante o superior a *C. canephora* (Tabla 30, Figura 51).

Las accesiones etíopes evaluadas también presentaron variación para el porcentaje de café supremo (Tabla 31, Figura 52). En estos experimentos el promedio para la variedad Típica fue de 67% y para *C. canephora* fue de 32%. Entre las accesiones pueden seleccionarse algunas con 70% o más, lo que permite hacer selección por esta característica.

Para la evaluación por roya, se presenta el valor máximo obtenido para cada introducción en siete lecturas realizadas con la escala de Eskes entre 2011 y 2014. En la Tabla 32 se presentan aquellas accesiones para las que esta lectura, durante los 4 años, no superó el grado 5.

Adicionalmente, se recibieron los resultados de las pruebas de calidad en taza, correspondientes a 100 accesiones, de los cuales se presentó informe de producción y porcentaje de grano supremo del año 2013. En la Tabla 33, se muestran los resultados para los atributos más relevantes.

Caracterización del dosel del cafeto (*C. arabica* Variedad Castillo®). El uso de modelos alométricos basados en la medición de las dimensiones de la hoja, son útiles para determinar el área de hojas individuales en plantas, por ser un método no destructivo, fácil de ejecutar y económico. Con dicha premisa, se inició la evaluación de los modelos alométricos así como de nuevos modelos en los que se combinan variables como largo (L) y/o ancho (A) para estimar el área foliar individual (AF) en plantas de cafeto, de la Variedad Castillo®.

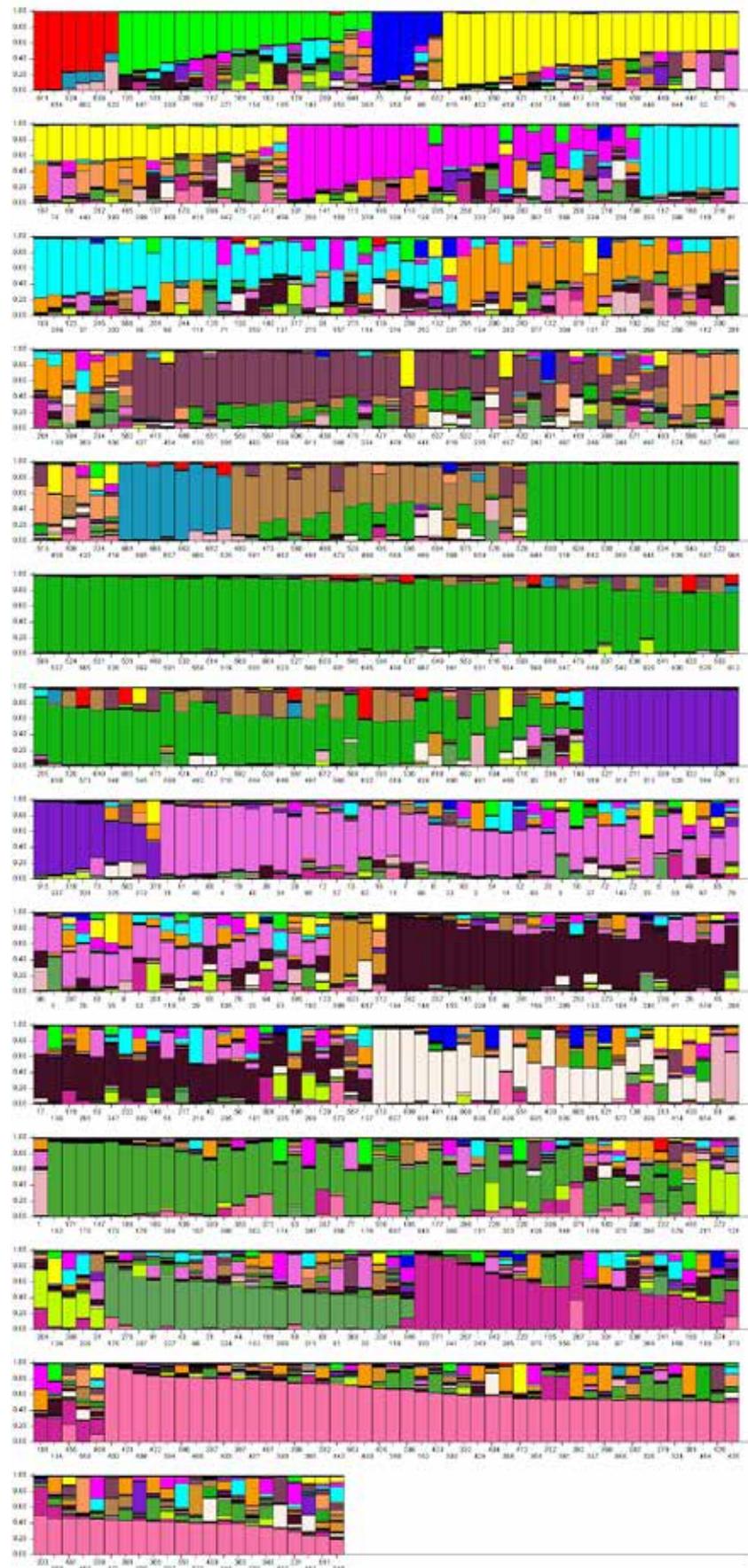


Figura 50. Estructura poblacional de 670 introducciones de la CCC. Los colores representan los 23 grupos correspondientes a las subpoblaciones inferidas. Cada barra representa un individuo y la proporción de mezcla en diferentes grupos.

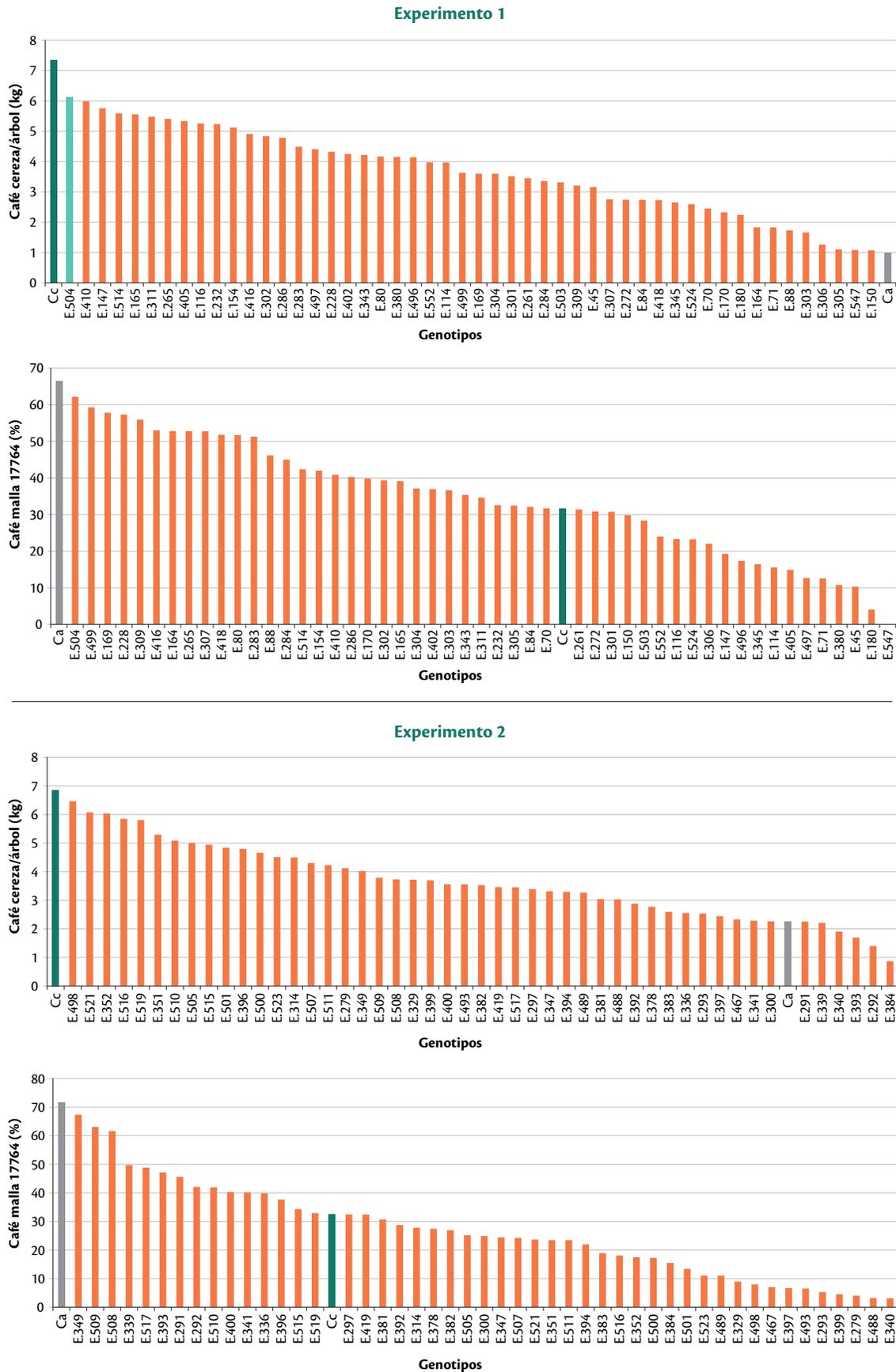


Figura 51. Promedio de la producción (kg/árbol de café cereza) de 200 accesiones del genoplasmata etíope de café. Controles Típica (Ca) y *C. canephora* (Cc).

Tabla 30. Accesiones etíopes con un promedio de producción por árbol superior al testigo Típica o igual al testigo *C. canephora*.

	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3		Exp. 4	
Accesiones etíopes con promedio de producción por árbol superior testigo var. Típica	E.504	E.498	E.151	E.142	E.328	E.17
	E.410	E.521	E.294	E.278	E.22	E.401
	E.147	E.352	E.285	E.171	E.327	E.21
	E.514	E.516	E.267	E.171a	E.326	E.471
	E.165	E.519	E.225	E.123a	E.346	E.331
	E.311	E.351	E.266	E.144	E.20	E.237
	E.265	E.510	E.140	E.146	E.522	E.334
	E.405	E.505	E.39	E.68	E.333	E.480
	E.116	E.515	E.287	E.182	E.310	E.386
	E.232	E.501	E.179	E.233a	E.525	E.238
	E.154	E.396	E.166	E.226	E.19	E.415
	E.416		E.141	E.188	E.315	E.469
	E.302		E.290	E.38	E.337	E.298
	E.286		E.43	E.177	E.403	E.376
	E.283		E.173	E.159	E.318	E.320
	E.497		E.230	E.168	E.317	E.476
	E.228		E.277	E.157	E.335	E.495
	E.402		E.184	E.172	E.18	E.388
	E.343		E.143	E.59	E.408	E.545
	E.80		E.181	E.246	E.482	E.550
E.380		E.231	E.156	E.607	E.313	
E.496		E.66	E.186	E.385	E.391	
		E.185	E.72	E.553	E.375	
		E.276	E.176	E.481	E.389	
		E.167		E.414	E.535	
				E.409		
Producción promedio por árbol de <i>C. canephora</i> (kg/árbol de café cereza)	7,3	6,9	8,2		6,4	
Accesiones etíopes con promedio de producción por árbol igual al testigo <i>C. canephora</i>	E.504	E.498	E.151		E.469	
	E.410	E.521	E.294		E.298	
	E.147	E.352	E.285		E.320	
	E.514	E.516	E.267		E.476	
	E.165	E.519	E.225		E.495	
	E.311	E.351	E.266		E.545	
	E.265	E.510	E.140		E.388	
	E.405	E.505	E.39		E.550	
	E.116	E.515	E.287		E.313	
	E.232	E.501	E.179		E.391	
	E.154	E.396	E.166		E.375	
	E.416	E.500	E.141		E.389	
	E.302	E.523	E.290		E.535	
	E.286	E.314				
	E.283					
	E.497					

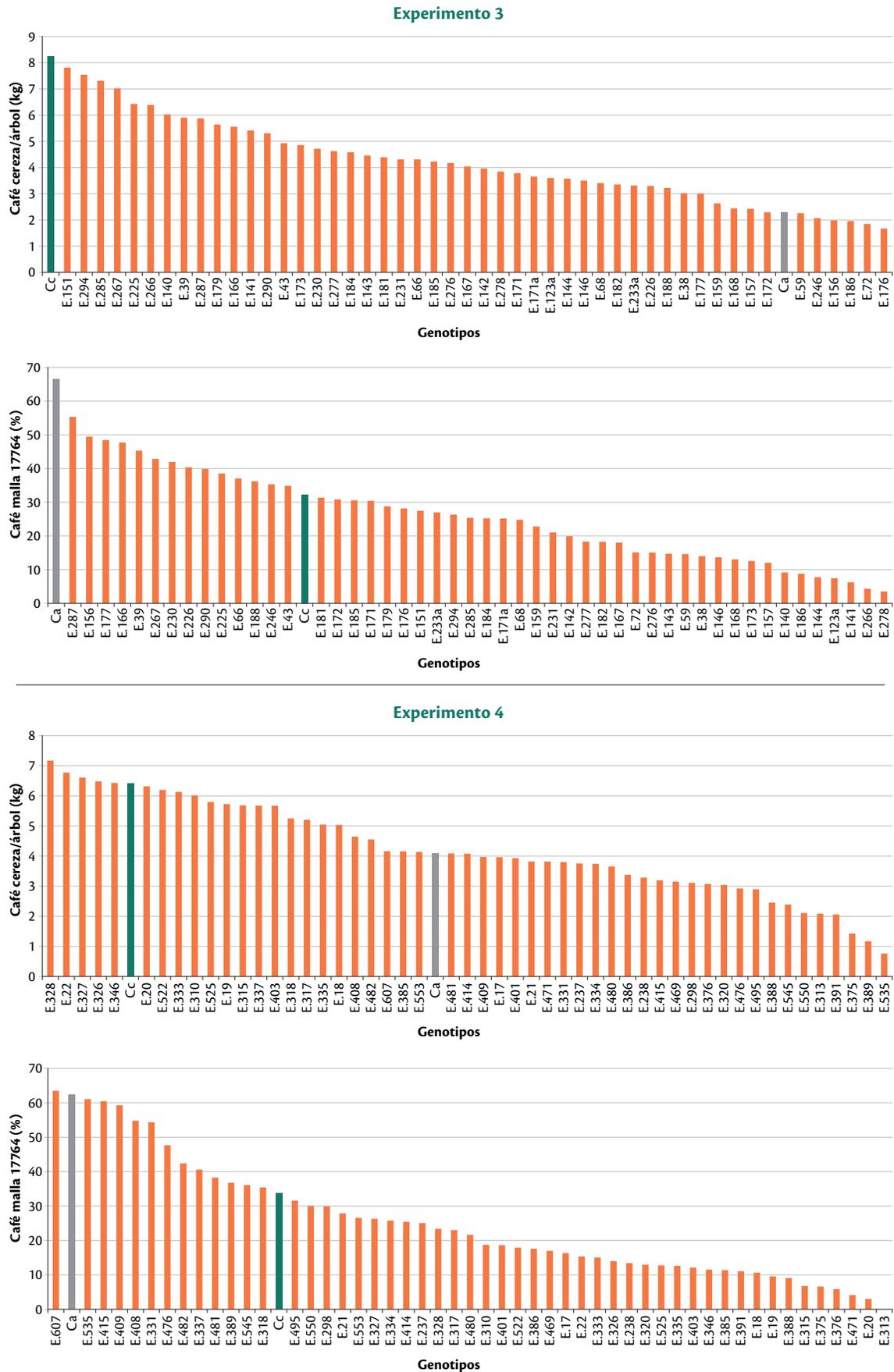


Figura 52. Porcentaje de café supremo para 200 accesiones etíopes del germoplasma y los controles Típica (Ca) y *C. canephora* (Cc).

Tabla 31. Accesiones etíopes cuyo porcentaje de café supremo fue superior al testigo *C. canephora* e igual al testigo *C. arabica* var. Típica.

	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
Porcentaje de café supremo en <i>C. arabica</i> var. Típica	66,6	71,7	66,5	63,5
Accesiones etíopes con porcentaje de café supremo igual al testigo <i>C. arabica</i> var. Típica	E.504	E.349	E.287	E.607
	E.499	E.509		E.41
	E.169	E.508		E.409
	E.228	E.339		E.408
	E.309			E.331
	E.416			

Tabla 32. Accesiones con calificación de roya, utilizando la escala Eskes, con valores máximo de 5.

Accesión	Grado	Accesión	Grado	Accesión	Grado
E.503	4	E.402	5	E.523	5
E.552	4	E.45	5	E.166	5
E.88	4	E.504	5	E.230	5
E.291	4	E.70	5	E.246	5
E.184	4	E.340	5	E.72	5
E.285	4	E.384	5	E.386	5
E.294	4	E.397	5	E.391	5
E.232	5	E.500	5	Cc	5
E.311	5	E.501	5		

Tabla 33. Atributos de calidad en taza de 100 accesiones etíopes.

Genotipo	Aroma	Acidez	Cuerpo	Balace	Unifor.	Taza limpia	Dulzor	Overall
E-486	7,5	7,0	8,0	8,0	9,0	8,0	7,5	8,5
E-324	7,5	7,0	8,0	7,5	8,0	8,0	7,0	8,0
E-483	4,5	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,0	8,0
E-533	5,0	6,5	7,0	8,0	8,0	7,5	7,0	8,0
E-42	4,5	6,5	7,0	7,0	7,0	7,0	6,5	7,5
E-47	7,5	6,5	6,5	7,0	7,0	6,0	6,5	7,5
E-527	4,5	7,0	6,5	7,5	7,5	8,0	6,5	7,5
E-125	8,5	6,5	6,0	6,0	6,5	7,0	6,5	7,0
E-541	4,5	7,5	6,0	6,5	7,0	7,0	6,0	7,0
E-288	4,5	6,0	5,5	6,0	6,0	6,5	6,0	6,5
E-526	8,0	6,5	7,0	7,0	6,5	6,5	6,5	6,5
E-69	6,0	5,5	5,5	6,5	7,0	6,0	6,0	6,5
E-299	6,0	5,5	6,0	5,5	6,0	5,0	5,5	6,0
E-319	5,0	6,0	5,0	5,5	6,0	6,0	5,5	6,0
E-411	8,0	6,0	5,0	5,5	6,0	5,0	6,0	6,0
E-540	5,0	5,5	5,0	5,5	5,5	6,0	6,0	6,0
E-282	8,0	5,5	5,5	6,0	6,0	5,0	5,5	5,5
E-413	4,5	5,5	5,0	5,5	5,5	5,5	5,0	5,5
E-479	4,5	5,5	5,0	5,0	6,0	6,0	5,5	5,5
E-48	5,0	5,5	5,5	6,0	6,0	5,0	5,5	5,5
E-520	8,0	6,0	5,0	5,5	6,0	5,5	6,0	5,5
E-538	5,0	6,0	5,0	5,5	6,0	5,5	6,0	5,5
E-54	7,5	6,0	4,5	5,0	6,0	5,0	6,0	5,5

Continúa...

...continuación

Genotipo	Aroma	Acidez	Cuerpo	Balance	Unifor.	Taza limpia	Dulzor	Overall
E-323	5,0	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
E-35	4,5	5,0	5,0	5,5	4,0	4,0	5,0	5,0
E-53	7,0	5,0	4,5	5,0	4,5	4,5	5,0	5,0
E-57	5,0	4,5	5,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0
E-316	5,0	4,5	4,5	4,5	5,0	4,5	4,5	4,5
E-412	4,0	5,0	4,5	4,5	5,0	4,5	5,0	4,5
E-46	6,0	4,5	4,5	5,0	4,5	4,5	5,0	4,5
E-474	4,5	5,0	4,5	4,5	5,0	4,5	5,0	4,5
E-491	5,0	4,5	4,0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
E-497	4,5	5,5	4,5	4,5	5,0	4,5	5,0	4,5
E-555	5,0	5,0	5,0	4,5	5,0	4,5	5,0	4,5
E-58	5,0	5,0	4,5	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5
E-296	4,5	4,5	4,0	4,0	4,5	4,0	4,0	4,0
E-44	4,5	5,0	4,0	4,5	4,0	4,0	5,0	4,0
E-506	6,0	4,5	4,0	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0
E-537	4,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0	4,0	4,0
E-55	4,5	4,5	4,0	4,0	4,5	4,0	4,0	4,0
E-60	4,5	4,0	4,0	4,0	3,5	4,0	4,0	4,0
E-484	4,0	4,5	3,5	4,0	4,0	3,5	3,5	3,5
E-52	4,5	4,0	3,5	4,0	4,0	3,5	3,5	3,5
E-621	4,5	4,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	3,5
E-312	5,5	4,0	3,0	4,0	4,0	3,0	4,0	3,0
E-387	8,5	8,0	7,0	8,0	8,0	8,5	7,0	8,0
E-158	7,0	6,5	7,0	7,0	7,5	6,5	6,5	7,5
E-542	6,0	8,0	6,5	7,0	8,0	7,5	7,5	7,5
E-139	8,0	6,0	6,5	7,0	6,5	6,5	6,0	7,0
E-152	7,5	6,5	6,5	7,0	7,5	7,0	6,5	7,0
E-407	7,5	6,5	6,5	7,0	7,0	6,5	6,0	7,0
E-285	7,0	7,0	6,0	6,5	6,5	7,0	6,0	6,5
E-543	5,0	5,5	6,0	6,5	6,5	6,5	6,0	6,5
E-087	5,0	6,0	6,0	6,5	7,0	6,5	6,0	6,0
E-124	5,5	5,0	5,0	6,5	7,0	6,5	5,5	6,0
E-130	5,5	6,5	6,5	6,0	6,0	5,5	6,0	6,0
E-420	7,5	6,0	6,0	5,5	6,0	5,5	6,0	6,0
E-270	6,0	6,0	5,0	5,5	6,0	5,5	6,0	5,5
E-330	4,5	5,0	5,5	5,5	6,0	5,5	6,0	5,5
E-338	5,0	5,5	5,0	5,5	6,0	5,5	5,5	5,5
E-468	7,0	5,5	5,0	5,5	5,5	5,0	5,0	5,5
E-487	6,0	6,5	5,0	5,5	5,5	5,0	5,5	5,5
E-546	4,5	6,0	5,0	5,0	6,0	5,0	5,5	5,5
E-087	4,0	5,0	5,5	5,0	4,5	4,5	5,0	5,0
E-123b	4,5	5,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
E-126	5,0	5,5	4,5	5,0	5,0	4,5	5,5	5,0
E-129	4,5	5,0	4,5	5,0	5,0	6,0	5,0	5,0
E-131	6,0	5,0	4,5	5,0	5,5	5,5	5,0	5,0
E-134	5,0	5,0	4,5	5,0	4,5	4,5	5,0	5,0
E-149	5,0	5,0	4,5	5,0	5,5	5,0	5,0	5,0
E-30	7,0	5,0	4,5	4,5	5,0	4,5	5,0	5,0
E-406	4,5	5,0	4,5	5,0	5,0	5,0	4,5	5,0
E-470	4,5	5,0	4,5	5,0	5,0	4,5	5,0	5,0
E-551	4,5	5,0	4,5	5,0	5,0	4,5	5,0	5,0
E-081	4,5	5,0	4,5	4,5	4,5	4,0	4,5	4,5
E-132	5,0	4,5	4,5	4,5	5,0	4,5	4,5	4,5
E-148	4,5	5,0	4,5	4,5	5,0	4,5	5,0	4,5

Continúa...

...continuación

Genotipo	Aroma	Acidez	Cuerpo	Balance	Unifor.	Taza limpia	Dulzor	Overall
E-344	5,0	4,5	4,5	4,0	4,5	4,0	4,5	4,5
E-404	8,0	5,0	4,0	4,0	4,5	4,0	4,5	4,5
E-477	4,5	5,0	4,5	4,5	5,0	4,5	4,5	4,5
E-544	5,0	5,5	4,5	4,5	5,0	4,5	5,5	4,5
E-554	4,5	4,5	5,0	5,0	4,5	4,5	5,0	4,5
E-183	4,5	4,5	4,0	4,0	4,5	4,0	4,5	4,0
E-473	4,5	4,5	4,0	4,0	4,5	4,0	4,0	4,0
E-548	4,0	4,5	4,0	4,5	4,5	4,0	4,5	4,0
E-281	8,0	4,5	4,0	4,0	4,0	3,5	3,5	3,5

La estimación de los modelos se realizó con una muestra de 6.441 hojas. Posteriormente, la validación de los modelos, se realizó con una muestra adicional de 992 hojas. El material vegetal recolectado correspondió a la totalidad de la superficie foliar y abarcó un amplio grupo de tamaños de hoja (0,76 – 140 cm). Las hojas recolectadas se procesaron en un equipo LI-3000C (LI-COR - Biosciences), con el cual se realizaron las mediciones de L, A y AF.

Los datos de L (Figura 53a) y A (Figura 43b) se ajustaron a una función potencial, mientras que LxA fue lineal (Figura 1c). En ambos casos, los parámetros de los modelos para estimar el AF se calcularon mediante el análisis de regresión, en tanto que su capacidad de ajuste y error se determinó mediante los criterios de la raíz cuadrada media del error (\sqrt{CME}) y el coeficiente de determinación (R^2) (Tabla 34).

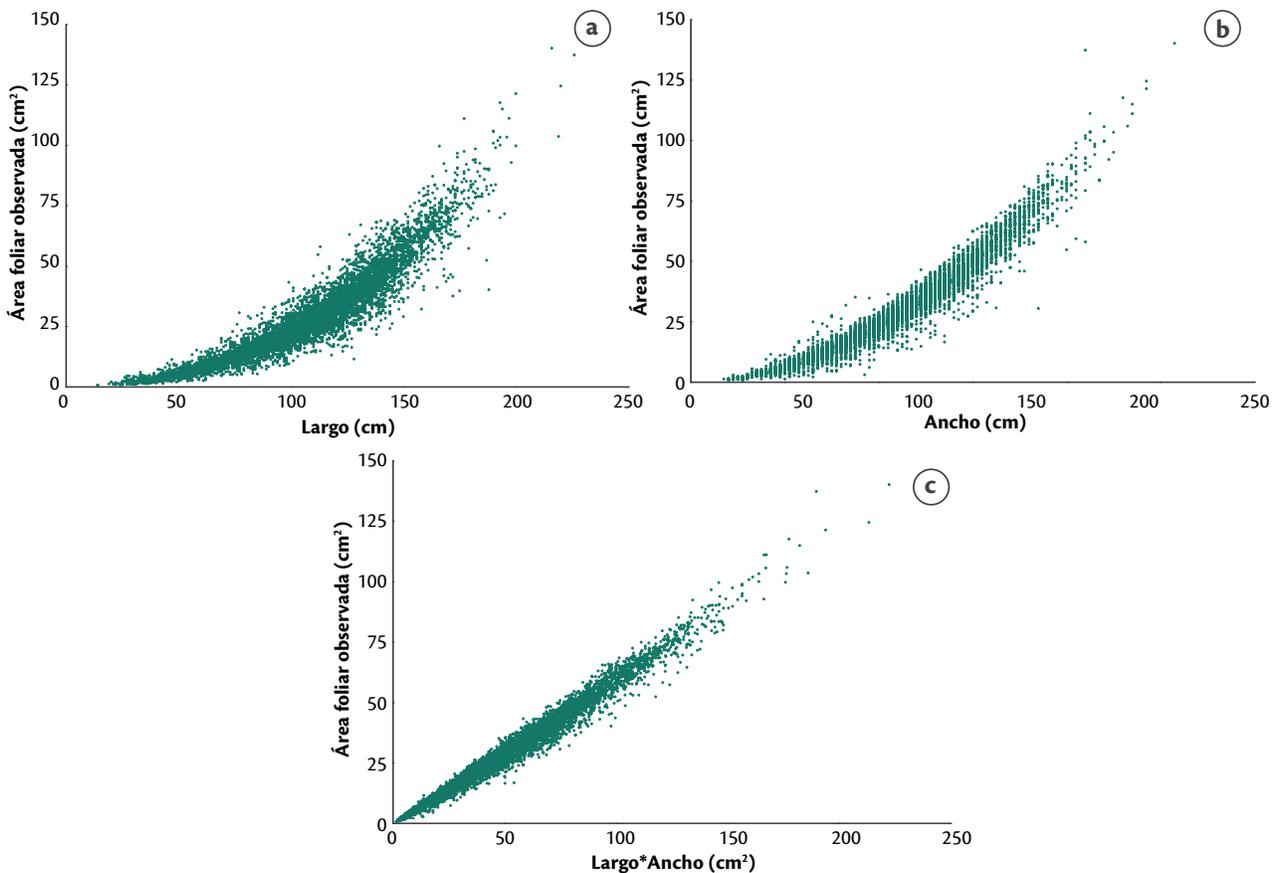


Figura 53. Dispersión de los datos de longitud (a), ancho (b) y el producto de ambos (c) respecto al área foliar observada.

De los modelos evaluados, el desarrollado con base en el producto del L x A [(AF=0,999 x L x (-0,148+0,610 x A)); R²: 0,9834] presentó el mejor ajuste respecto a los datos observados, debido a su mayor R². Posteriormente, estos modelos se validaron mediante la regresión entre el área foliar observada y la estimada por los modelos, además se evaluó error relativo absoluto del área estimada, considerando su distribución por percentiles, donde se observa que el modelo 4 presentó la menor $\sqrt{\text{CME}}$ y el mayor R², hecho que corrobora su selección en la fase de estimación (Tabla 34). Así mismo, en el 75% de los datos estimados, dicho modelo registró, en promedio, el menor error relativo (Tabla 35).

La estimación del AF de una hoja mediante el uso de modelos alométricos, basados en el L y A de la hoja, representa un método fácil que ofrece la posibilidad de realizar medidas reiteradas en el tiempo al no ser destructivas, actividad de importancia para el uso en distintos estudios asociados al cultivo del cafeto.

Dado lo anterior, se concluye que si las necesidades de investigación implican monitorear un gran número de hojas, los modelos con una dimensión (largo o ancho) pueden ser una opción aceptable para simplificar el proceso de medición, aunque su error respecto al valor real sería mayor. En este sentido, debe considerarse que la medida del L es más fácil que la del A, puesto que esta última requiere considerar una línea imaginaria

perpendicular al diámetro ecuatorial de la hoja, la cual no está claramente definida, dada la irregularidad de la lámina foliar. A futuro se pretende continuar con la caracterización del dosel y diseñar una metodología que permita estimar el área foliar total de una planta de manera sencilla.

Identificación de accesiones de *C. arabica* tolerantes a déficit y exceso hídricos.

En Colombia, la producción de café disminuyó drásticamente, de 11,3 millones de sacos (60 kg) de grano verde en 2008, a 7,1 millones de sacos en 2012, por condiciones asociadas directa o indirectamente con el fenómeno de La Niña, los cuales alternan con los eventos de El Niño. Una alternativa para mitigar estos fenómenos es la obtención de variedades tolerantes a exceso y a déficit hídricos, para lo cual es necesario identificar en la Colección Colombiana de Café (CCC), accesiones que se destaquen por su resistencia a una o ambas condiciones. Con ese objetivo se sembraron en invernadero 18 accesiones y tres variedades comerciales, con tres niveles: exceso, déficit y control con riego normal. Se encontró que en déficit hídrico las accesiones E.47, E.48, E.42, E.22, E.353 y E.001 tuvieron una altura similar al control con riego normal ($p>0,05$). En exceso hídrico únicamente la accesión E.365 presentó una altura igual al control ($p>0,05$). Las accesiones E.019, E.558, E.621, E.48 y E.47 mostraron la menor conductancia estomática (Figura 54), lo cual indica que estas introducciones cerraron sus estomas

Tabla 34. Estimación de los modelos para calcular el área foliar de una hoja.

Modelo	β_0			β_1			$\sqrt{\text{CME}}(\text{cm})$	R ²	Expresión
	Coficiente	EE	Pr > t	Coficiente	EE	Pr > t			
[1] $Y = \beta_0 \cdot X^{\beta_1}$	0,195	0,017	<0,0001	2,066	0,007	<0,0001	0,222	0,929	$AF=0,195 \times (L)^{2,066}$
[2] $Y = \beta_0 \cdot X^{\beta_1}$	1,689	0,007	<0,0001	1,876	0,005	<0,0001	0,172	0,957	$AF=1,689 \times (A)^{1,876}$
[3] $Y = \beta_0 + \beta_1 X$	-0,952	0,067	<0,0001	0,596	0,001	<0,0001	2,777	0,978	$AF=-0,952 + 0,596 \times (L \times A)$
[4] $Y = \beta_1 X$	-	-	-	0,999	0,001	<0,0001	2,735	0,994	$AF=0,999 \times (L \times (-0,148 + 0,610 \times A))$

EE: error estándar. CME: cuadrado medio del error. AF: área foliar. L: Largo de la hoja. A: ancho máximo de la hoja. R²: Coeficiente de determinación.

Tabla 35. Validación de los modelos para calcular el área foliar de una hoja.

Expresión	Error relativo absoluto (%)			$\sqrt{\text{MSE}}$ (cm)	β_1	EE	R ²
	Promedio	Percentil 75	Percentil 99				
[1] $AF=0,19494 \times (L)^{2,06621}$	15,8	21,0	46,7	5,87	1,1344	0,0088	0,95
[2] $AF=1,68938 \times (A)^{1,87577}$	10,2	13,6	59,4	5,06	1,1014	0,0073	0,95
[3] $AF=-0,95201 + 0,59632 \times (L \times A)$	9,2	10,5	50,2	2,58	1,0709	0,0018	0,99
[4] $AF=0,99927 \times (L \times (-0,14757 + 0,60986 \times A))$	5,3	7,1	22,6	2,58	1,0515	0,0035	0,99

CME: cuadrado medio del error. AF: área foliar. L: Largo de la hoja. A: ancho máximo de la hoja. R²: coeficiente de determinación.

en respuesta a la disminución del suministro hídrico como un mecanismo de defensa para disminuir la pérdida de agua por transpiración, esto les permitió posponer la deshidratación y mantener la fotosíntesis.

La disminución de la conductancia estomática e hidráulica en sequía previene la excesiva pérdida de agua y limita el daño de la hoja, causado por los bajos potenciales de agua. Sin embargo, esta reducción también restringe la asimilación de dióxido de carbono y, por lo tanto, la acumulación de biomasa y la productividad. Por esto, la adecuada coordinación de las propiedades hidráulicas y la capacidad fotosintética podría ser crucial para conseguir mayores ganancias de carbono, bajo condiciones de déficit hídrico. Este podría ser el caso de las accesiones E.48 y E.47, debido a que contrario a lo esperado el cierre estomático no afectó su tasa de crecimiento relativo (RGR, por sus siglas en inglés). En contraste, las accesiones E.237, E.42, E.261, E.363 y E.575 con la mayor conductancia estomática con respecto de las plantas con riego adecuado, podrían tener la más deficiente regulación del cierre de estomas, lo cual incrementa la pérdida de agua por transpiración y contribuye a disminuir la tasa de asimilación neta de carbono. La temperatura de la hoja de las 18 accesiones evaluadas fue estadísticamente igual; sin embargo, las plantas con riego adecuado y las sometidas a exceso hídrico mostraron una temperatura de la hoja mayor que las plantas bajo déficit hídrico.

En déficit hídrico, las accesiones E.47 y E.48 tuvieron un peso fresco y seco de hojas, tallo, raíz y la biomasa total similar al control con riego normal ($p > 0,05$) (Figura 55). Además, la accesión E.22 presentó un peso seco de la hoja, el tallo, la parte aérea y la biomasa total igual al control con riego normal ($p > 0,05$); y la accesión E.42 mostró un peso seco del tallo, la raíz, la parte aérea y la biomasa total similar al control con riego normal ($p > 0,05$) (Figura 55).

En exceso hídrico, la accesión E.365 mostró un peso fresco del tallo y un peso seco de las hojas, el tallo, la raíz y la biomasa total (Figura 56), igual al control con riego adecuado ($p > 0,05$). Por el contrario, en déficit hídrico las variedades comerciales: Típica, Caturra y CU.1812 mostraron una reducción de la biomasa total de 37%, 37% y 30%, respectivamente (Figura 55), y en exceso hídrico la reducción de la biomasa fue de 51%, 40 y 41%, respectivamente (Figura 56).

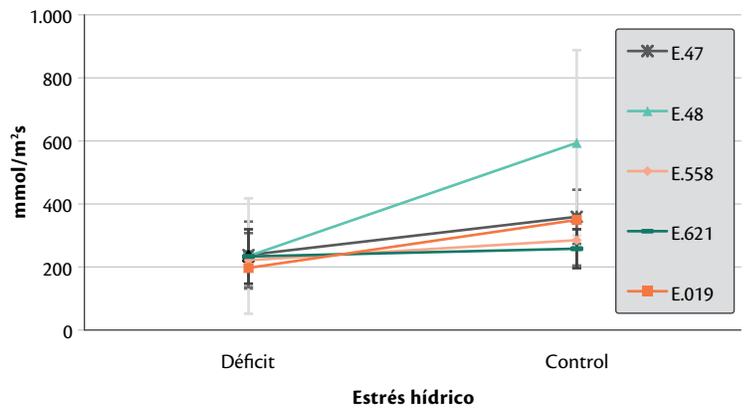


Figura 54. Accesiones etíopes que en déficit hídrico tuvieron la menor conductancia estomática. Las barras representan la desviación estándar.

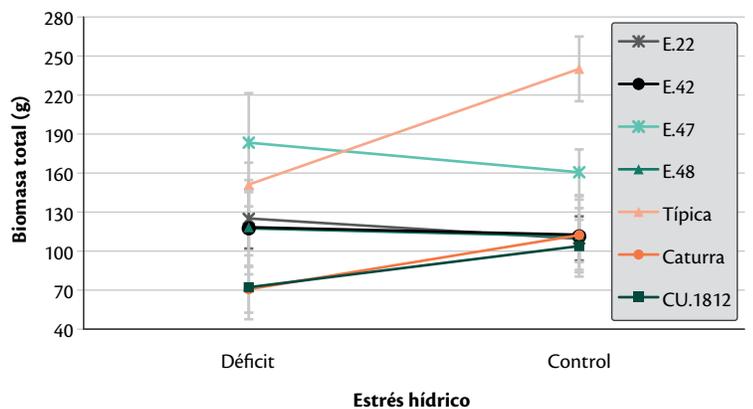


Figura 55. Comparación entre las accesiones etíopes que en déficit hídrico no redujeron su biomasa total con relación al control con riego normal y las variedades comerciales Típica, Caturra y CU.1812, que disminuyeron su biomasa total con respecto del control con riego normal. Las barras representan la desviación estándar.

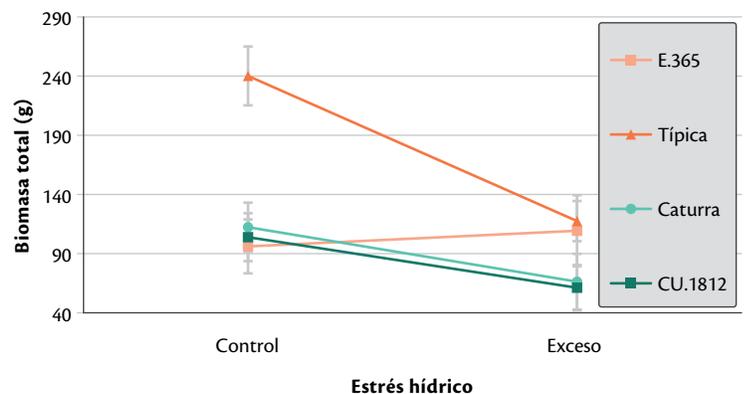


Figura 56. Comparación entre la única accesión etíope que en exceso hídrico no redujo su biomasa total con relación al control con riego normal y las variedades comerciales Típica, Caturra y CU.1812 que disminuyeron su biomasa total con respecto del control con riego normal. Las barras representan la desviación estándar.

En déficit hídrico, sólo cuatro accesiones E.22, E.42, E.47 y E.48 mostraron que la biomasa de la parte aérea (hojas, tallos y ramas) y la raíz fue similar a las plantas con riego normal (Figura 57). De forma similar, estas cuatro accesiones etíopes, E.22, E.42, E.47 y E.48, presentaron una biomasa de su raíz igual o mayor con relación a las plantas bajo exceso hídrico y riego normal (Figura 57). Mientras que en exceso hídrico la accesión E.365 mostró un peso seco de la raíz mayor que los controles con riego normal. Por el contrario, las variedades comerciales: Típica, Caturra y CU.1812 en déficit hídrico presentaron una disminución del peso seco de la raíz de 57%, 16% y 45%, respectivamente; y en exceso hídrico la reducción fue de 65%, 54% y 57%, respectivamente. Las plantas adaptadas a sequía se caracterizan por sistemas de raíces profundos y vigorosos.

Las accesiones E.001, E.22, E.48 y E.42 fueron más eficientes en el uso de agua (WUE, por sus siglas en inglés), es decir, que necesitaron un menor volumen de agua para conseguir una biomasa mayor. En algunos genotipos el incremento de la WUE puede disminuir la RGR y la productividad. Por el contrario, otros genotipos tienen potencial para mejorar la WUE sin reducir la RGR y la productividad. Por esto, lo ideal es identificar genotipos que combinen satisfactoriamente crecimiento, producción y una alta WUE, lo cual será de gran relevancia para áreas propensas a sequía.

Estudio sobre la regulación del metabolismo involucrado en la asimilación del nitrógeno inorgánico en *C. arabica*.

El proceso de asimilación de nitrógeno en plantas involucra la acción de un conjunto de enzimas encargadas de capturar las formas inorgánicas disponibles y assimilarlas como aminoácidos simples. Para eso se requiere de la acción coordinada con la ruta de foto-asimilación de carbohidratos para la producción de metabolitos como el 2-Oxoglutarato (2-OG), compuesto sobre el cual se fijan las moléculas de nitrógeno para construir los aminoácidos. Se sabe que la acción de estas enzimas debe estar regulada por un tipo de molécula denominada factor de transcripción. En plantas se ha caracterizado el factor *Dof* como regulador de varios procesos, entre ellos el de metabolismo de carbono y nitrógeno. Se ha demostrado que la expresión de este factor está asociada con un mejor desarrollo de plantas en condiciones limitantes de nitrógeno y con la diferenciación de genotipos con mejores características respecto al uso eficiente de este nutriente.

En el desarrollo de este proyecto se evalúa la acción del 2-OG sobre la regulación, tanto del complejo enzimático del metabolismo de carbono y nitrógeno, como de la expresión genética del factor de transcripción *Dof* en hojas y raíces de plántulas de *C. arabica* Variedad Castillo®.

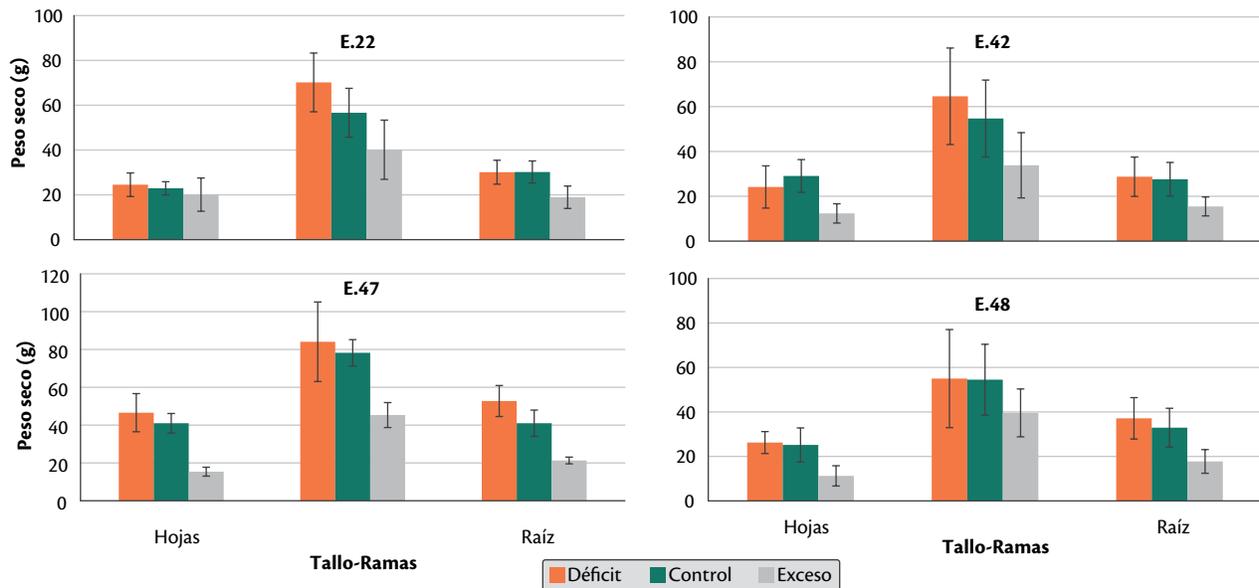


Figura 57. Accesiones de *C. arabica* que sometidas a déficit y exceso hídricos mostraron acumulación de biomasa similar a las plantas con riego adecuado. Las barras representan la desviación estándar.

El primer paso consistió en determinar cuáles de las secuencias del gen *Dof* identificadas en *C. arabica* pueden estar involucradas en metabolismo del nitrógeno. Para ello, se realizó una búsqueda en las bases de datos públicas (GenBank, Solgenomics, TAIR, PlantTFDB) que contienen secuencias de factores *Dof* de diferentes especies. Se realizaron alineamientos múltiples de secuencias y árboles filogenéticos para tratar de ver agrupaciones y encontrar patrones específicos en las secuencias a los que se les pueda asociar una función con importancia biológica.

Usando la herramienta MEME (Multiple EM for Motif Elicitation) se caracterizaron los motivos presentes en secuencias de café, logrando obtener un grupo diferencial de *Dof* dentro de los cuales se seleccionaron tres genes *Dof* candidatos a tener funciones en metabolismo de nitrógeno y carbono (contig_298, contig_347 y Cc01_g1273) (Figura 58).

Paralelamente, se procedió con el montaje de tres experimentos usando como material vegetal la Línea CU1812, componente de la Variedad Castillo®, bajo condiciones hidropónicas para evaluar el efecto del inductor 2-OG sobre el metabolismo del nitrógeno/carbono.

En el primer experimento de hidroponía se evaluaron las dos formas químicas disponibles del inductor 2-OG (ácido y sal sódica) para determinar cuál de las dos era la que menor efecto tenía sobre las propiedades físico-químicas de la solución nutritiva. También se recolectaron las hojas y raíces de las plántulas para evaluar los métodos de extracción de proteínas y de ARN. De igual forma se aprovecharon las muestras de ARN para determinar el método más efectivo de síntesis de ADN complementario (ADNc) y elegir el gen de referencia que se usará como control en las reacciones de PCR en tiempo real (qRT-PCR).

Con la forma ácida del 2-OG (ácido α -cetoglutárico) no se observó algún cambio físico-químico en la solución nutritiva mientras que con la sal sódica del 2-OG se observó una precipitación de la solución sobre la superficie de las raíces, impidiendo su desarrollo

normal. Por lo tanto, la forma ácida del 2-OG fue seleccionada como tratamiento en los demás cultivos hidropónicos.

Con relación al método de extracción de proteínas se determinó que es mejor utilizar material vegetal fresco, tanto para hojas como para raíces, utilizando nitrógeno líquido al momento de procesar raíces y búfer de extracción directamente sobre las hojas frescas. En la separación electroforética se observaron bandas bien definidas de proteínas que podrían estar representando a la glutamina sintetasa (30-50 kDa), la isocitrato deshidrogenasa (40-60 kDa) y la hexoquinasa (50-60 kDa). Para el caso de la fosfoenol piruvato carboxilasa (100-110 kDa), también se observaron bandas cercanas a 100 kDa; pero para la glutamato sintasa (230-240 kDa), no se observaron bandas debido a su alto peso molecular y el porcentaje del gel utilizado.

Las pruebas con el ARN mostraron que es más eficiente la síntesis de ADNc empleando como cebadores oligo dTs y no *primers* aleatorios. El gen de referencia con mejores resultados de amplificación fue el gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa (GAPDH). Los ensayos de amplificación del gen de referencia con gradiente de temperatura sirven para decidir la temperatura de anillamiento (T_m) que deben tener los cebadores con los que se amplificarán los genes *Dof* en las reacciones de qRT-PCR.

El segundo montaje hidropónico del año correspondió a la primera réplica del experimento. Luego de la fase de adaptación al medio Hoagland, las plantas se sometieron a condiciones limitantes de nitrógeno (10 ppm) antes de la aplicación de los tratamientos. Los cuales consistieron en: 2,5 mM 2-OG y 5 mM 2-OG. Como control negativo se utilizaron 25 mM de N-acetilglucosamina (NAG), el cual es un potente inhibidor de la hexoquinasa. Como testigo plantas en solución de Hoagland con 10 ppm N. Dentro de este mismo ensayo, se evaluaron dos fuentes de nitrógeno (nitrato de potasio y fostato de amonio) y dos tiempos de respuesta a los tratamientos (24 ó 48 horas).

contig_298	GLK	CPR	CESS	NTKFCYFNN-	SLSQPRH	ECK	T	GRRYWTRGG	ALRNVPVGGG	CRRNKTKSS
contig_347	-LK	CPR	CGSS	NTKFCYNNY	NKSQPRH	ECK	A	KRHWTNGG	TLRNVPVGGG	-RKNKRLKTA
Cc01_g1273	GLK	CPR	CEST	NTKFCYFNNY	SLSQPRH	ECK	T	GRRYWTRGG	ALRNVPVGGG	CRRNKTKSS
Zea mays	GDP	CPR	CASR	DTKFCYNNY	NTSQPRH	ECK	G	GRRYWTKGG	TLRNVPVGGG	TRKKPSSSSS

Figura 58. Alineamiento de la secuencia deducida de aminoácidos de los motivos conservados entre las secuencias *Dof* seleccionadas de café. Los recuadros señalan cuatro residuos críticos de cisteína implicados en la función de unión de ADN.

A partir de este experimento se realizaron ensayos enzimáticos en hojas y raíces, para cuatro enzimas: glutamina sintetasa (GS), hexoquinasa (HQ), isocitrato deshidrogenada (ICDH) y glutamato sintasa (GOGAT). De la misma forma, se procedió con las extracciones de ARN a partir del mismo tejido. Los resultados preliminares de los ensayos enzimáticos muestran una mayor actividad de las estas enzimas con relación al control representado en un aumento de la absorbancia de GS y GOGAT y una disminución de la absorbancia de ICDH y HQ con relación al testigo. Se observó un efecto negativo del tratamiento con NAG, ya que la actividad de las enzimas disminuyó o se mantuvo igual al control. La determinación de diferencias significativas entre los tratamientos requiere de la cuantificación de la actividad y de los ensayos con el material de las réplicas restantes, proceso que está en desarrollo al término de la presente vigencia (Figura 59).

Según lo observado a partir de la primera réplica, se determinó que el tiempo de duración de tratamiento

para las plantas será 48 horas en las dos réplicas siguientes, debido a que tras ese tiempo para todas las enzimas se observa actividad.

Evaluación de variables morfoagronómicas y fisiológicas relacionadas con factores de rendimiento y uso eficiente de recursos en germoplasma de café. Dando continuidad a la investigación enfocada a la selección de genotipos promisorios, en términos de uso eficiente de recursos (nutrientes, agua y energía), en dos lotes independientes se evaluaron 13 variables ecofisiológicas. El primero compuesto por 20 materiales etíopes y el segundo por cinco líneas componentes de la Variedad Castillo® y un material híbrido. Con el fin de exponer los resultados más sobresalientes, fueron seleccionadas las variables que presentaran diferencias significativas para las comparaciones entre materiales y que pueden ser de ayuda en la caracterización fisiológica, bajo la influencia de un clima cambiante. Las variables como la fotosíntesis aportan información fisiológica

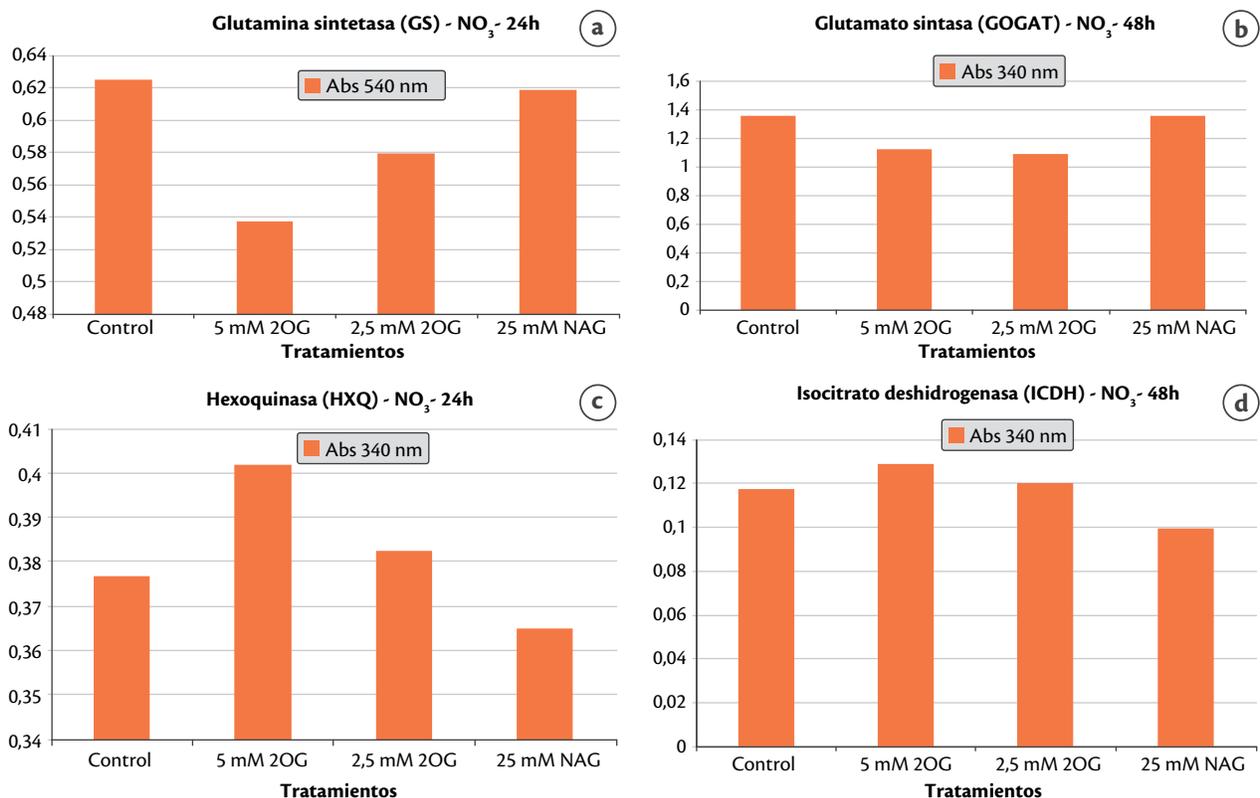


Figura 59. Pruebas enzimáticas sobre hojas con nitrato como fuente de nitrógeno. (a) Ensayo enzimático glutamina sintetasa a las 24 horas de tratamiento (si hay actividad debe disminuir absorbancia); (b) Ensayo enzimático glutamato sintasa a las 48 horas de tratamiento (si hay actividad debe disminuir absorbancia); (c) Ensayo enzimático hexoquinasa a las 24 horas de tratamiento (si hay actividad debe aumentar absorbancia); (d) Ensayo enzimático isocitrato deshidrogenasa a las 24 horas de tratamiento (si hay actividad debe aumentar absorbancia).

de importancia, no obstante, precisan de grandes esfuerzos físicos y económicos para su determinación. Sin embargo, se encontró que hay variables que pueden medirse “fácilmente”, implican menos costos y presentan una buena correlación con variables como fotosíntesis. Lo anterior evidencia que para la selección de materiales es factible medir variables “sencillas” y de manera económica, las cuales pueden darle al mejorador un indicativo de las respuestas de la planta frente a un comportamiento en particular.

Conforme lo anterior y para el caso específico de los materiales etíopes, los resultados de las correlaciones entre la tasa de asimilación neta del CO_2 (A) y algunas variables ecofisiológicas, fueron significativas (Tabla 36), exponiendo así a la conductancia estomática del CO_2 (g_s), la tasa de transpiración (E), la radiación fotosintéticamente activa (RFA) y la depresión de la temperatura del dosel (DTD), como las de mayor significancia. De esta manera, A presentó una correlación directamente proporcional con g_s , E y RFA, pero inversa con DTD, la cual requiere un menor esfuerzo y equipamientos para su medición en el campo. Asociado a esto, se encontró que la temperatura, principalmente la registrada al medio día y posterior caída de la tarde, afectó significativamente el proceso fotosintético. Cuando la temperatura de las hojas superó los 30°C aproximadamente y la DTD superó los 4°C , las plantas comenzaron un proceso de termorregulación, ajustando su maquinaria estomática en respuesta al aumento del calor latente de vaporización, evitando pérdidas excesivas de agua. Así mismo, entre el medio día y la tarde se aumentaron los procesos fotoinhibitorios y por lo tanto la fotorrespiración, deteriorando la maquinaria metabólica y, en consecuencia, limitando el ingreso del CO_2 a los espacios subestomáticos para su posterior asimilación.

Para los períodos de agosto de 2013 y marzo de 2014 se calculó el área bajo curva en respuesta a la tasa de asimilación del CO_2 durante un día, incluyendo todos

los genotipos evaluados y usando el método del trapecioide. Específicamente para agosto de 2013, al analizar el comportamiento de dos genotipos durante el día (12 h luz), se encontró que la accesión E069 presentó la mayor acumulación de gas carbónico ($7,87 \text{ g.m}^{-2}$ de CO_2) mientras que el genotipo E501, bajo las mismas condiciones, estuvo $1,81 \text{ g.m}^{-2}$ de CO_2 por debajo de E069, indicando diferencias en la capacidad fotosintética de cada genotipo (Figura 60).

Para el año 2014, se registró una disminución de la tasa fotosintética de todos los materiales evaluados, lo cual se asoció a una baja radiación presentada durante los días de la evaluación, coincidente con un período de mayor nubosidad y presencia de lluvias. Similar a lo registrado en agosto de 2013, el material E069 acumuló una mayor cantidad de gas carbónico ($5,08 \text{ g.m}^{-2}$), mientras que E501 estuvo $2,61 \text{ g.m}^{-2}$ de CO_2 por debajo de E069, haciéndose más notoria dicha diferencia (Figura 61). Por lo tanto, el análisis indica la existencia de una diferencia ecofisiológica entre ambos materiales, consistente en el tiempo.

Dado lo anterior y, con la premisa de la importancia de la temperatura, se esquematizó el comportamiento diurno de la fotosíntesis en función de la temperatura, para los materiales E069 y E501. Para el año 2013, se observa que el E069 presenta dos picos en la asimilación del CO_2 , uno de $7,9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en horas de la mañana y el otro de $5,8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en horas de la tarde. Mientras tanto, E501 solo presentó un pico ($6,55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), registrado en horas de la mañana (Figura 62).

El aumento en la temperatura por encima de los 30°C y especialmente en horas de la tarde, tuvo un efecto detrimental sobre el proceso fotosintético, evitando que el gas carbónico fuese usado para la construcción de compuestos azucarados que posteriormente podrían ser destinados a los órganos de interés, y además, promovió el aumento del proceso fotorrespiratorio. Así, en la Figura 62a

Tabla 36. Correlación entre la tasa de asimilación neta del CO_2 ($\mu\text{mol.m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y distintas variables ecofisiológicas.

Variable continua	Correlación	Prueba de Wald		
		Error estándar	Chi-cuadrado	Pr > Chi cuadrado
g_s	0,874	0,0704	154,044	<.0001
E	0,757	0,121	38,761	<.0001
PAR	0,446	0,204	4,781	0,0288
DTD	-0,605	0,169	12,901	0,0003

g_s : Conductancia del CO_2 ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). E: Tasa de transpiración $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. RFA: Radiación fotosintéticamente activa $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. DTD: Depresión de la temperatura del dosel ($^\circ\text{C}$).

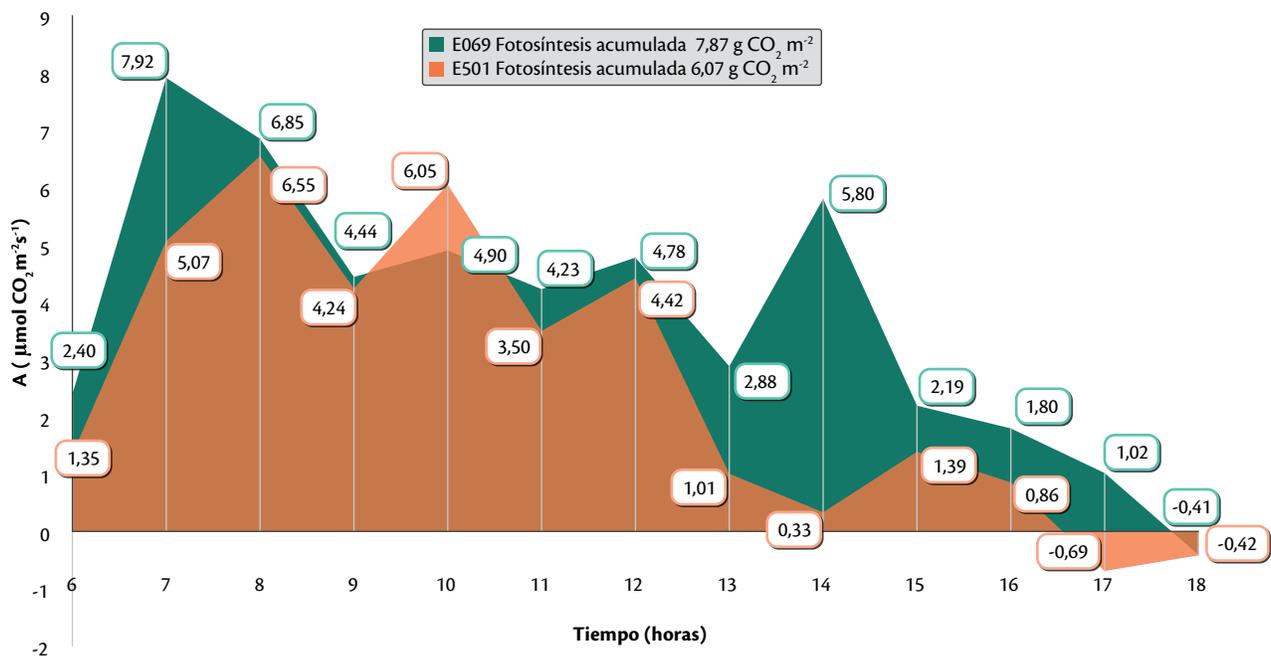


Figura 60. Comportamiento fotosintético de dos genotipos etíopes (E059 y E501) durante un día (12 h luz), en agosto de 2013.

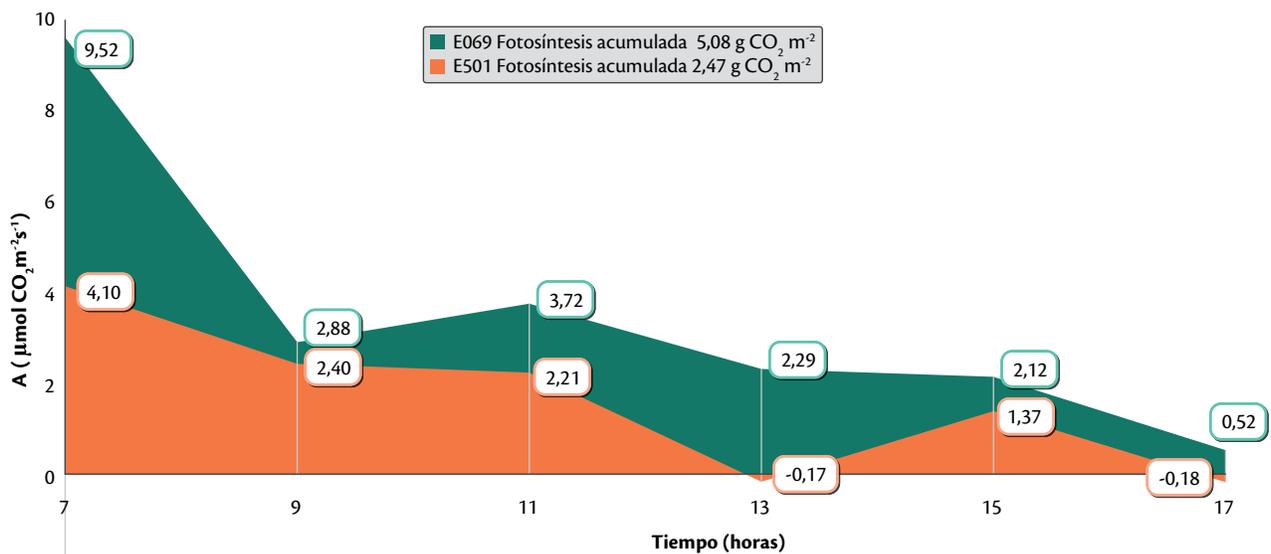


Figura 61. Comportamiento fotosintético de dos genotipos (E059 y E501) etíopes durante un día (12 h luz) en marzo de 2014.

se observa como la asimilación fotosintética del material E069 obtuvo sus mayores valores cuando la temperatura estuvo entre los 28 y los 30°C, y cuando superó los 32°C la fotosíntesis decayó. Sin embargo, cuando la temperatura estuvo en dicho rango, el material E501 no expresó la misma tasa de asimilación, ya que sus registros fueron inferiores y decayeron paulatinamente a lo largo de la tarde (Figura 62b). Para el año 2014, las temperaturas

registradas en la tarde fueron notablemente superiores a las del período anterior, con una menor área bajo la curva. Se evidenció que las temperaturas cercanas a los 29°C favorecieron el proceso fotosintético, pero al aumentar las mismas, la fotosíntesis sufrió una caída, manteniendo las tasas de asimilación por debajo de los 3 μmol m⁻² s⁻¹. Así mismo, se observó que en horas de la mañana se favorece el proceso fotosintético, independiente de

la época de evaluación. Sin embargo, los genotipos que logran adaptarse a las temperaturas superiores de la tarde, pueden exhibir resultados favorables en cuanto a la fotosíntesis diurna acumulada.

Para el caso de las líneas de la Variedad Castillo®, una de las variables más representativas correspondió al análisis de la fluorescencia de la clorofila. Se evaluó el rendimiento cuántico efectivo de las distintas líneas, durante cuatro períodos, a lo largo de un año (2013-2014). La interacción entre los genotipos y el tiempo de evaluación no fue significativamente diferente (Tabla 37), por lo tanto, se procedió a la evaluación de los efectos principales, lo que evidenció diferencias para los períodos evaluados ($p = 0,082$).

En el período de agosto de 2013 se presentó el mayor rendimiento cuántico efectivo ($QY = Fv/Fm'$). Es importante mencionar que éste es un indicador de la eficiencia del uso de la luz en el proceso fotosintético. En dicho período se presentó el valor más alto de QY (0,61), exhibiendo por lo tanto una mayor asimilación del CO_2 (Figura 63). Es importante recordar que las mediciones se realizaron alrededor del mediodía, motivo por el que los valores no fueron concordantes con los reportados en plantas de café sometidas a condiciones de oscuridad en los que un valor de $QY < 0,8$, sugieren una disminución de la tasa fotosintética. Al medio día, hay un efecto directo de la cantidad de radiación e indirecto de la temperatura, que explicaría los valores de QY obtenidos en la evaluación realizada.

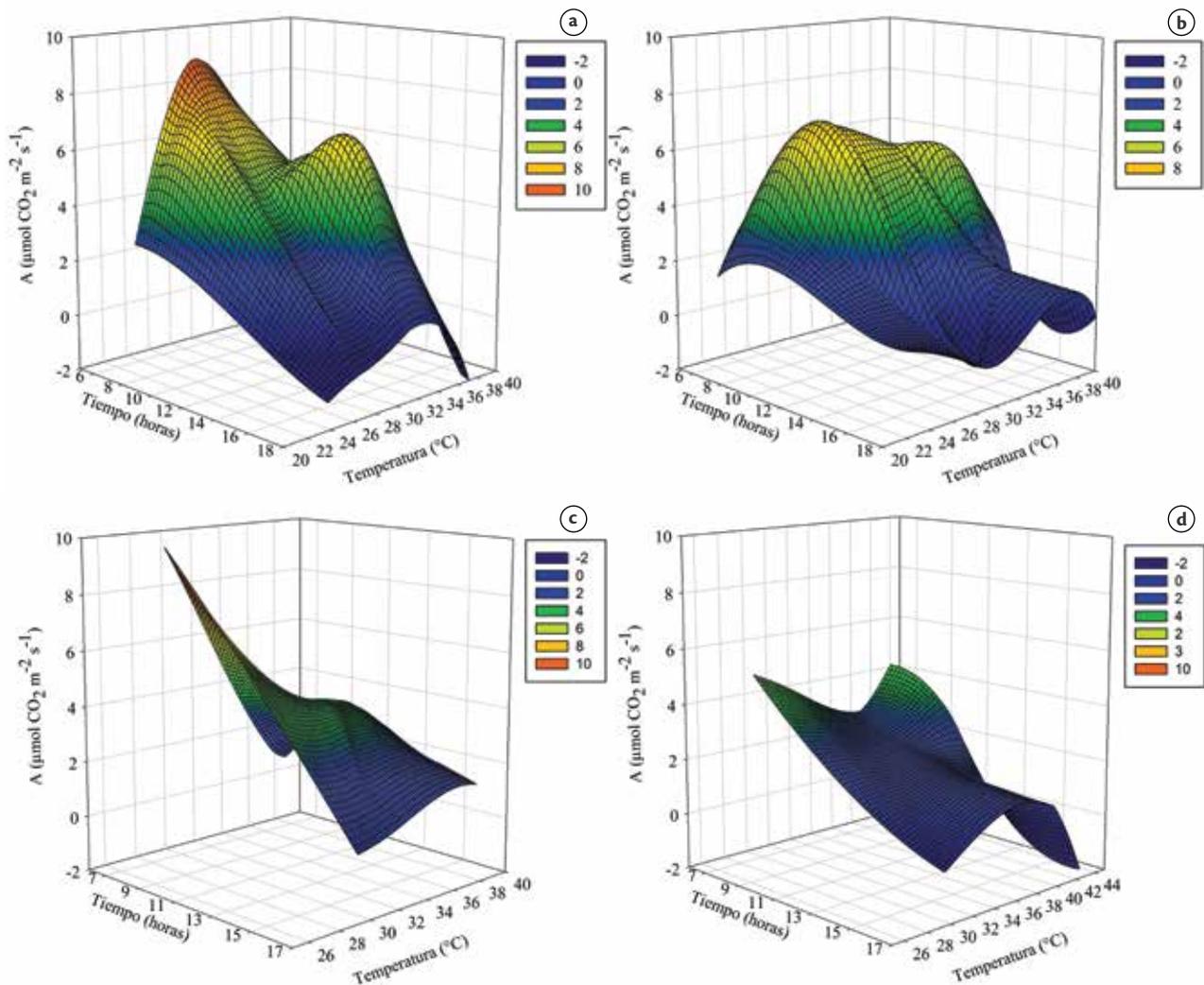


Figura 62. Comportamiento fotosintético de dos genotipos (E059 y E501) etíopes durante un día (12 h luz) en función de la temperatura. a. E069-2013, b. E501-2013, c. E069-2014, d. E501-2014.

Tabla 37. Análisis de varianza para el rendimiento cuántico efectivo de las líneas de Castillo® durante un año (cuatro períodos de evaluación). GLN: grados de libertad del numerador. GLD: grados de libertad del denominador.

Efecto	GLN	GLD	Valor F	Valor P
Genotipo	5	12	0,87	0,5281
Tiempo	3	36	4,57	0,0082
Genotipo x Tiempo	15	36	1,07	0,4156

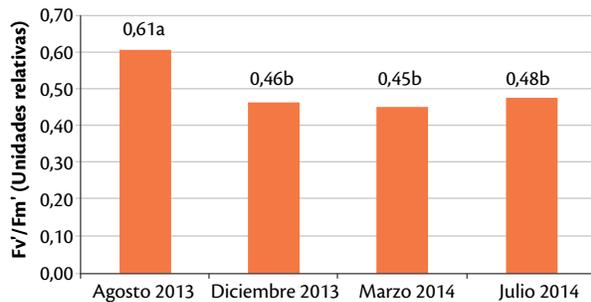


Figura 63. Rendimiento cuántico efectivo para las líneas de la Variedad Castillo®

En cuanto a las lecturas del contenido relativo de clorofila (SPAD), se encontró que es posible discriminar genotipos, independiente de la época de evaluación. Sin embargo, es una variable que se ve afectada por las condiciones ambientales. Los resultados muestran que los materiales etíopes evaluados se clasifican en tres grupos de bajo, medio y alto contenido de clorofila (Figura 64). E501, Borbón, E464, E114 y E170 presentaron valores más bajos (media=65), mientras que E546 y E554 presentaron los valores más altos (media=72). Es importante recordar que estos materiales se encuentran sembrados en un suelo con características muy homogéneas, con fertilización estándar para todos los materiales. Lo anterior demuestra que existen variaciones en el contenido de clorofila entre materiales, por lo que se supone que esta característica puede servir como un rasgo fisiológico que se puede asociar con la eficiencia en el uso del nitrógeno. De manera similar se determinó el índice normalizado de vegetación (NDVI) para los materiales etíopes y líneas componentes de la Variedad Castillo®. En este caso, se observaron diferencias estadísticas al comparar los tiempos 1, 2 y 3 con el tiempo 4 (Figura 65). Lo anterior demuestra una asociación entre la oferta ambiental y la respuesta de los materiales evaluados, especialmente relacionada con la humedad del suelo (Figura 66). Cuando las plantas están sometidas a condiciones de estrés (por ejemplo, hídrico), es más fácil

discriminar respuestas particulares de los genotipos. Por tal razón, los mismos genotipos serán evaluados paralelamente en ambientes contrastantes, para determinar cuál tiene mayor habilidad para soportar posibles condiciones estresantes.

Correlación de variables fisiológicas con imágenes espectrales.

Con el fin de evaluar la correlación de variables se presentan los avances desde dos perspectivas: la primera se asocia a los datos obtenidos en el campo, y la segunda, a la información obtenida con sensores remotos. Todo ello, con el fin de construir la correlación entre los sensores de campo y los sensores remotos a partir de modelos matemáticos y estadísticos.

En el campo se capturaron las firmas espectrales obtenidas con un espectroradiómetro en cultivos de café, localizados en la Estación Central Naranjal. Al interior de cada lote se tomaron tres mediciones por línea del cultivo (o bloque) y una medición por planta marcada, es decir, tres plantas por línea hasta cubrir la totalidad del lote. A través del software ENVI+IDL se estructuró el banco de firmas espectrales de campo, así como las imágenes satelitales y/o aéreas en el repositorio digital de Cenicafé (Figura 67).

Un punto de análisis es la disimilaridad de los espectros, es decir, responder a la pregunta: ¿Cuál es el intervalo de longitud de onda donde se caracteriza un comportamiento intrínseco de la planta?, esto es, el problema inverso de las firmas espectrales. Para ello, se han utilizado inicialmente cuatro métricas matemáticas que discriminan y permiten agrupar las progenies de acuerdo a un umbral de decisión (Figura 68).

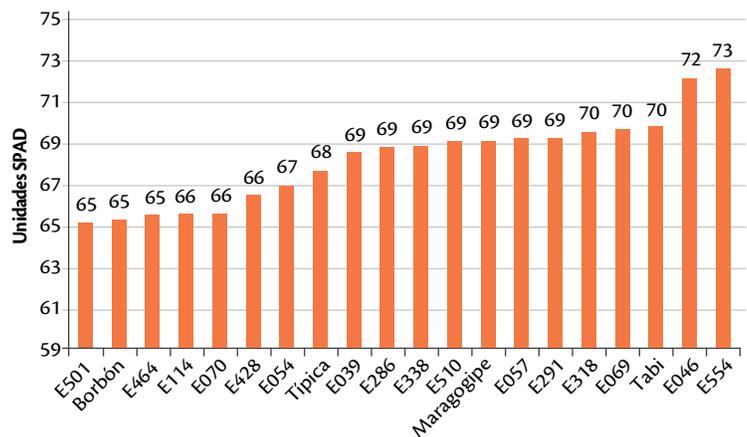


Figura 64. Valores de lecturas SPAD para las accesiones de materiales etíopes evaluados.

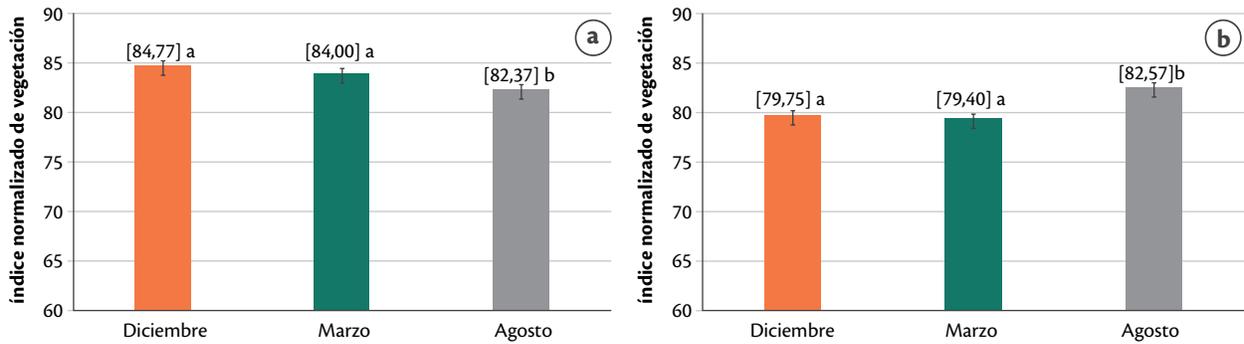


Figura 65. Índice normalizado de vegetación en materiales etíopes (a) y Variedades Castillo® (b), a través del tiempo.

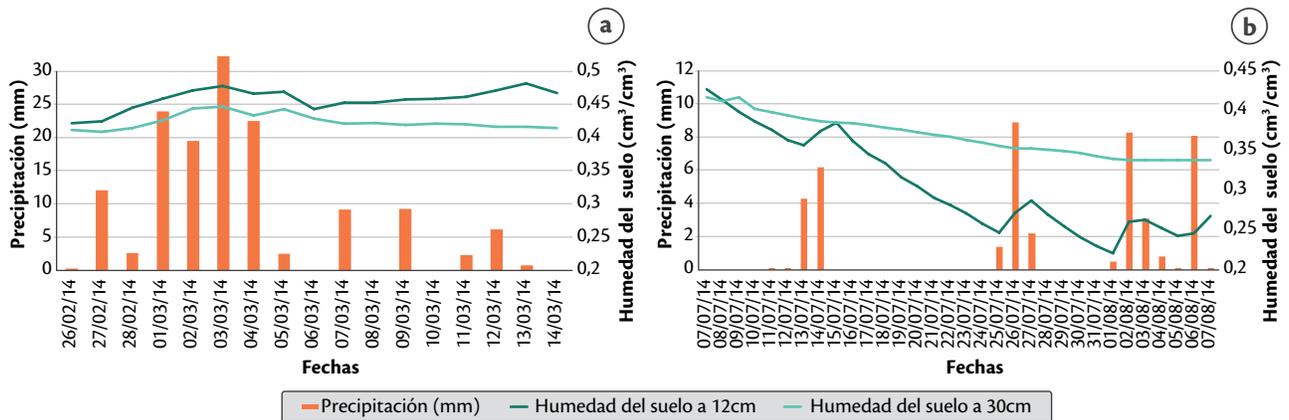


Figura 66. Comportamiento de la precipitación y la humedad del suelo a dos profundidades un mes antes del registro de la información. Marzo de 2014 (a), Julio de 2014 (b).

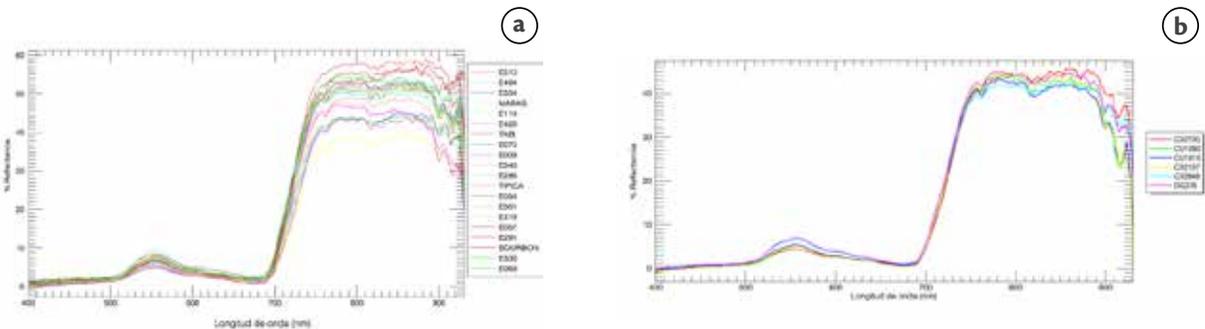
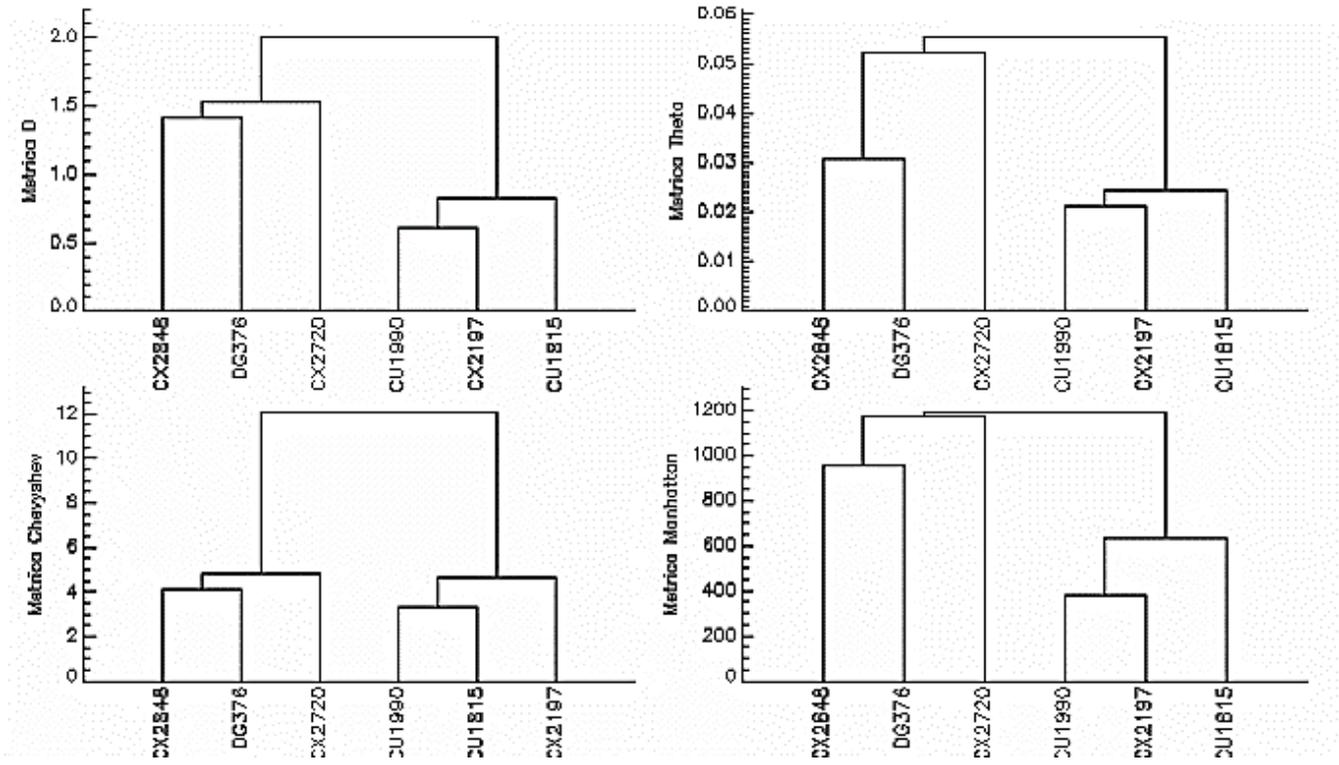


Figura 67. Gráficos de firmas espectrales del lote 1 (a) y lote 2 (b) desplegadas desde el banco de firmas espectrales.

Lote 1



Lote 2

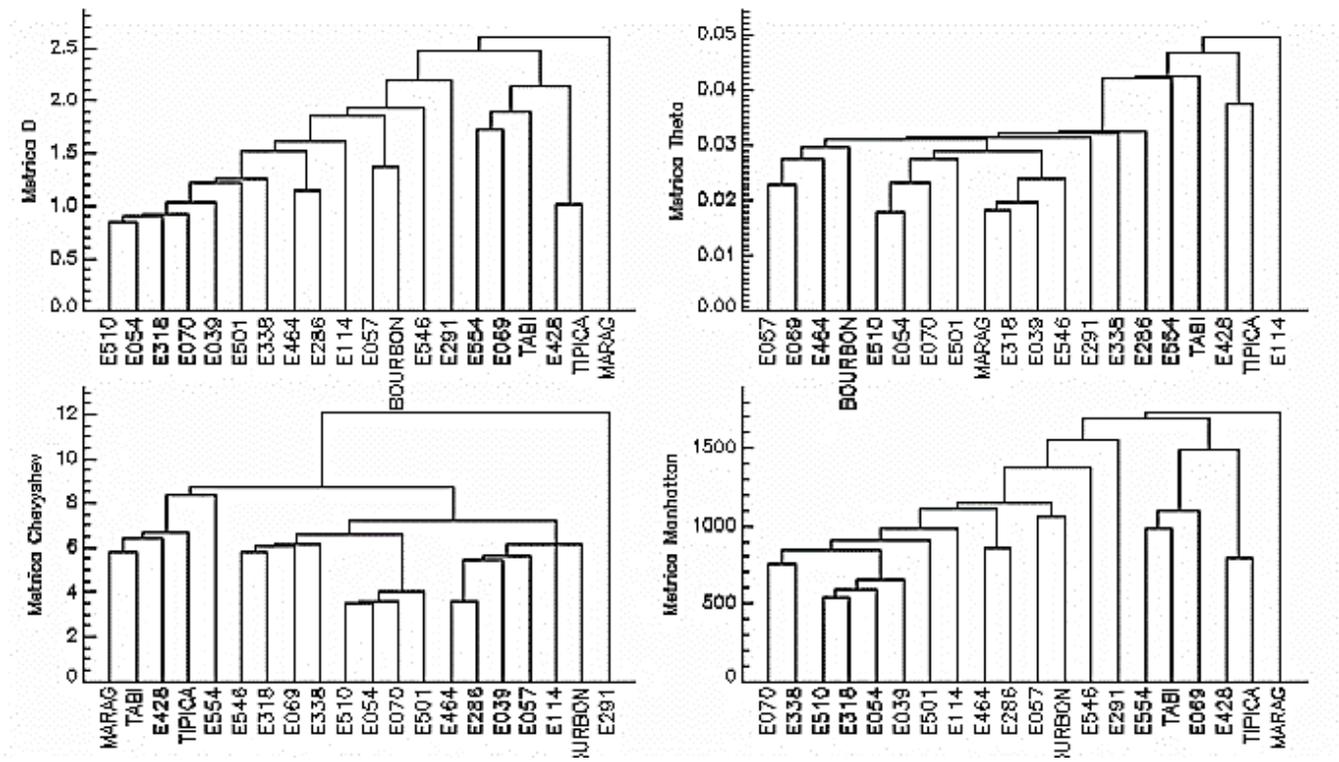


Figura 68. Dendrogramas que agrupan las progenies de acuerdo a su distancia espectral, lote 1 y lote 2.

Trimestralmente se realiza la evaluación de variables morfo agronómicas y fisiológicas donde se incluye la reflectancia espectral, con la metodología descrita, y posteriormente se depuran y estructuran los datos en formato plano o Excel, para ser incorporados con sus metadatos al banco de firmas espectrales de ENVI, dispuesto para ser analizados de forma acumulada. Esto conlleva a la construcción de firmas multitemporales (tridimensionales), que representan el ciclo fenológico (vegetativo y reproductivo) de las progenies medidas, que acumulan cuatro trimestres (Figura 69). Al superponer cada uno de los espectros es posible evidenciar, por simple inspección, las diferencias tanto en intervalos de longitud de onda como en genotipos, para tal fin se está evaluando una metodología matemática de análisis de superficies.

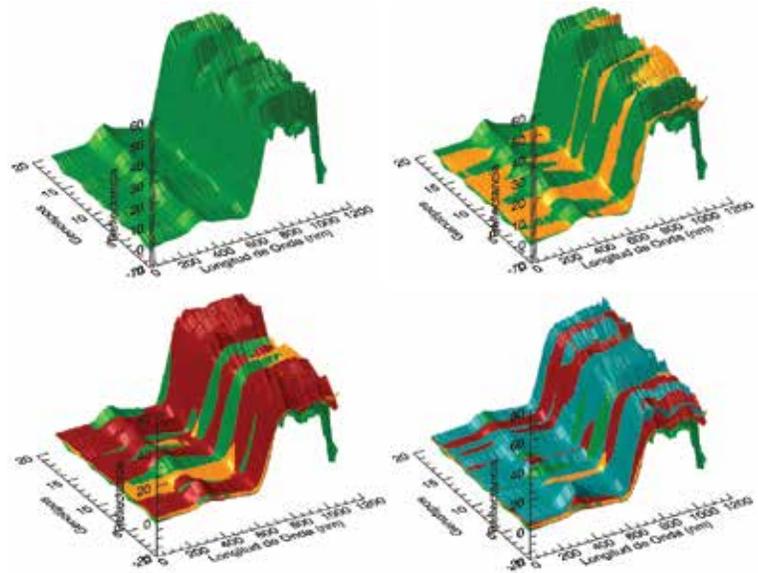


Figura 69. Representación multitemporal (trimestral) de firmas espectrales.

Para hallar una adecuada correlación con cada una de las variables morfo agronómicas y fisiológicas es necesario revisar inicialmente lo que se ha reportado en términos experimentales. Un primer avance ha sido el análisis del índice de reflectancia fotoquímica (PRI), el cual expresa la regulación relativa de fotosíntesis inducida primariamente por altas intensidades de luz, a través del ciclo de pigmentación de xantofilas. Previamente otros autores, han propuesto una estrecha relación entre el PRI y la fluorescencia de la planta, revelando un uso eficiente de radiación.

$$PRI = \frac{R_{531} - R_{570}}{R_{531} + R_{570}}$$

A través de los datos capturados en el campo se localizó y calculó el PRI para cada progenie, revelando

un ajuste de correlación del 68%, entre el cambio relativo en la fluorescencia y el índice de reflectancia fotoquímica (Figuras 70 y 71).

Por otra parte, la información obtenida de sensores remotos aéreos ha sido una alternativa frente a los satelitales, y que recientemente han generado resultados promisorios. A través de la toma de imágenes multiespectrales, con plataformas aéreas no tripuladas (UAVs), es posible construir el conjunto de firmas espectrales de la imagen pixel por pixel, similares a las de campo, aunque considerablemente simplificadas en términos del número de bandas espectrales, la resolución espacial permite evaluar no sólo cultivos sino grandes extensiones de área, al construir una generalización geográfica. Con esto,

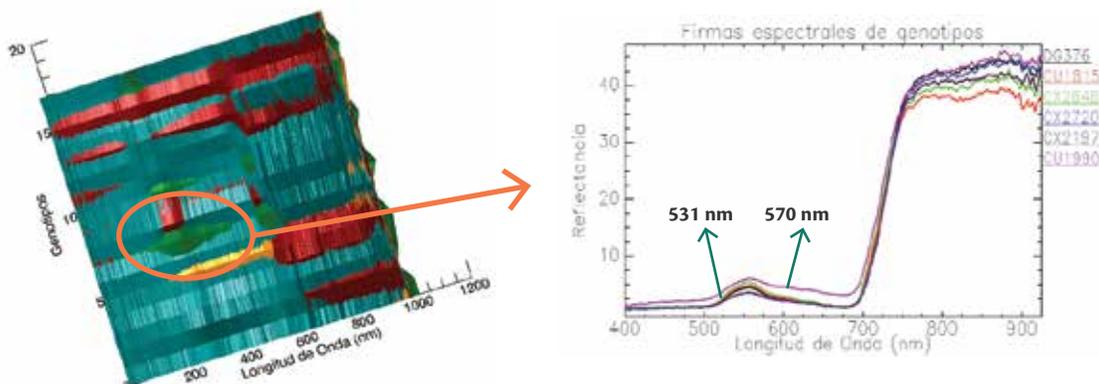


Figura 70. Localización espectral del índice de reflectancia fotoquímica.

es posible explorar diversos tipos de información, como calcular índices de vegetación, en este caso el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI), el cual es representado después de calibrar la imagen con las medidas del espectroradiómetro; este índice es comúnmente utilizado para detectar el verdor de las hojas, estrés de las plantas y contenido de clorofila, entre otros. En el centro de la Figura 72, el NDVI muestra una estratificación de la planta de café, sugiriendo un área superficial de producción. Además, se está evaluando un algoritmo para conteo de plantas, con una aproximación del 97% con respecto al valor real, el cual se basa en una clasificación supervisada sobre técnicas de detección de objetos.

El desafío a mediano plazo es realizar una minuciosa minería de datos para encontrar la correlación del mayor número de variables posible y validar la hipótesis de mapeo masivo de cultivos con su caracterización espectral, con el fin de generar información complementaria para la selección de materiales relevantes en términos de rendimiento y uso eficiente de recursos.

Caracterización genómica de *C. eugenioides* y *C. arabica*.

Con el fin de desarrollar una herramienta que permita acelerar el proceso de selección de plantas que respondan a ofertas climáticas locales y a necesidades específicas de los cultivadores de café, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Cenicafé adelantaron el Convenio Regional de Cooperación Técnica “Adaptación de la Caficultura al Cambio Climático” RG-T1655, que buscó contribuir a fortalecer la competitividad y sostenibilidad de la producción de café de alta calidad en el mercado mundial a través de tecnología genómica de avanzada. Mediante esta colaboración se obtuvo la información presente en el genoma de la especie *C. arabica*, así como en el de uno de sus parentales, la especie *C. eugenioides*. Junto con la información del otro parental *C. canephora*, publicada por el consorcio francés que lideró esa iniciativa, se ha puesto a disposición de los mejoradores genéticos una hoja de ruta que contiene la ubicación y caracterización de más de 30.000 genes, responsables de todos los aspectos fisiológicos

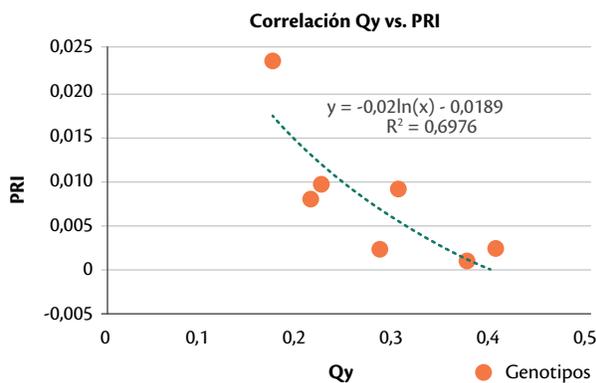


Figura 71. Correlación de genotipos entre la variación relativa de fluorescencia y el PRI.

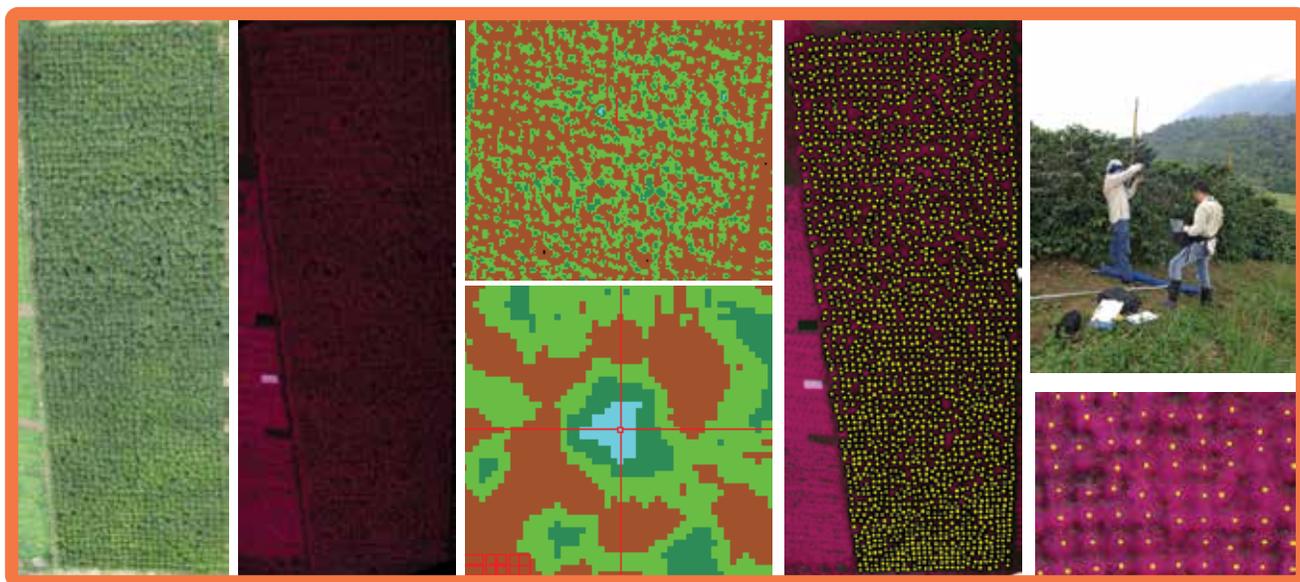


Figura 72. De izquierda a derecha: Imagen RGB y multispectral, NDVI con acercamiento (centro), conteo de plantas con acercamiento y medición en el campo con espectroradiómetro.

de la planta, que se constituye en un insumo para la selección y el desarrollo de futuras variedades de café. Los análisis preliminares de las secuencias obtenidas por medio de las tecnologías 454, *Illumina Moleculo* y *Pacific Biosciences* (PacBio), indican que estas tres especies comparten más del 98% de genes en sus genomas. Esto implica que las diferencias que se presentan entre ellas están determinadas por los niveles de expresión de ciertos grupos de genes particulares y/o por la regulación diferencial en la expresión de estos genes. Con este producto los mejoradores genéticos de café pueden rastrear una colección de germoplasma para encontrar materiales con genes de interés desde el punto de vista agronómico y proceder a realizar cruzamientos entre estas plantas, con el fin de obtener progenies que posean los atributos deseables de ambos padres. Esta información genómica también permitirá determinar la identidad genética de variedades de café, lo que le garantizará a los productores y consumidores la certeza sobre el origen botánico de las semillas que siembren en sus cafetales.

Identificar genotipos con resistencia/tolerancia a factores bióticos limitantes actuales o potenciales para el desarrollo del cultivo.

Búsqueda de nuevos genes de resistencia contra plagas y enfermedades en genotipos derivados de cruzamientos entre *C. arabica* x *C. liberica*.

En este informe se presentan los principales resultados relacionados con las evaluaciones y análisis realizados a diferentes genotipos introgresados por la especie diploide *C. liberica*, respecto a su resistencia a roya, a nematodos y a estrés hídrico. Los genotipos evaluados correspondieron a cruces entre líneas de la Variedad Castillo® y el híbrido Kawisari, y líneas de la Variedad Castillo® y accesiones de *C. liberica* (var. *arawimiensis*, var. *excelsa* y var. *libérica*). Como control se utilizó la variedad Caturra así como hojas de las líneas CX2848 y BGB459 (Tabla 38); genotipos a partir de los cuales se extrajo el inóculo de roya para las pruebas. Con el fin de evaluar la respuesta de resistencia tomaron las siguientes variables: el período de incubación (PI), período de latencia (PL) y el área de la lesión (AL).

Los análisis de varianza muestran que en todos los casos existen diferencias significativas ($p > 0,01$) entre genotipos mas no entre individuos (plantas), dentro de los genotipos. Las diferencias entre tratamientos respecto a cada variable se identificaron mediante la prueba de Dunnett, utilizando como controles tanto

Tabla 38. Genotipos utilizados para la búsqueda de nuevos genes de resistencia.

Tratamiento	Genotipo	Árbol*
1	CX2710 X KAWISARI	1 y 2
2	CU1843 X KAWISARI	1 y 2
3	CU1843 X CCC1026	1
4	CX2848 X CCC1026	1
5	CU1843 X CCC1025	1 y 2
6	CX2848 X CCC1025	4 y 7
7	CU1843 X CCC769	1 y 2
8	CX2848 X CCC769	1 y 6
Control 1	Caturra	Varias plantas
Control 2	Línea BGB 459 (Variedad Castillo® La Trinidad)	Varias plantas
Control 3	Línea CX2848	Varias plantas

a la variedad Caturra, como a las líneas BGB 459 y CX2848. Estos análisis mostraron lo siguiente:

Período de incubación: Dos híbridos, CU1843xCCC1025 y CX2710xKAW, mostraron reacciones de resistencia significativamente diferentes a las observadas en el control absoluto Caturra. Los índices de PI observados para los demás genotipos no fueron diferentes respecto al control, sugiriendo que en tales casos siempre hubo aparición de clorosis por presencia de la roya. La prueba de Dunnett usando los otros dos controles, no mostró diferencias entre éstos y los demás genotipos, lo que muestra que las líneas de la Variedad Castillo® usadas como control se comportaron de manera similar a los demás genotipos.

Dos tratamientos, T1 y T3, mostraron valores inferiores del índice PI, sugiriendo que en ellos la enfermedad se produjo en forma retardada respecto a los demás genotipos analizados. No obstante, al analizar los valores PL de estos mismos genotipos, no hubo diferencias con los demás, y por lo tanto, se concluye que aunque los síntomas aparecieron más tarde, el hongo esporuló en todos estos genotipos de manera similar. Estas observaciones sugieren que la aparición de clorosis no parece ser un síntoma determinante para establecer por sí solo la susceptibilidad de un genotipo frente a la roya.

Período de latencia: A diferencia del PI, el PL mostró una mayor discriminación de la resistencia entre genotipos. Al comparar cada tratamiento con el testigo Caturra, se encontraron diferencias significativas para todos los tratamientos, excepto para el caso del híbrido CX2848xCCC1026, que mostró una reacción similar al testigo. La misma comparación usando como controles a las líneas BGB 459 y CX2848, solo mostró diferencias

significativas cuando se compararon estos genotipos contra Caturra.

El híbrido CX2848xCCC1026 mostró diferencias significativas con respecto a la aparición de lesiones esporuladas (valores PL), con un período de latencia similar al de Caturra. En otras palabras, la roya fue capaz de esporular tan bien como lo hizo sobre el control susceptible. Este resultado se vio reflejado al analizar la variable AL, para la cual el híbrido CX2848 X CCC1026 presentó valores de área infectada similares a los de Caturra. En la Figura 73, se presentan los síntomas característicos de la enfermedad luego de 40 DDI en todos los genotipos estudiados. Se observa que la intensidad de la enfermedad fue mayor en Caturra comparado con los dos controles Castillo, mientras que en los otros genotipos se presentaron diferentes grados de esporulación, que sin embargo, no alcanzaron los niveles observados para Caturra, luego de los 40 días de observación.

Área de la lesión: Todos los genotipos evaluados mostraron diferencias significativas con relación al testigo absoluto Caturra, incluidos los dos testigos de la Variedad Castillo®. Estos resultados fueron confirmados al examinar las comparaciones con los testigos BGB459 y CX2848.

Así mismo, las evaluaciones de roya en el campo, realizadas sobre los mismos genotipos evaluados, muestran una concordancia con estos resultados. Así, los tratamientos T1, T2, T3 y T5 que se mostraron resistentes, presentan valores bajos de enfermedad, correspondientes a los niveles 0 y 2 en la escala de incidencia. Los tratamientos T4, T6 y T8, que se observaron particularmente más susceptibles, presentan valores actuales en el campo que alcanzan incluso el nivel 7 de la escala.

Del análisis conjunto de los resultados de las inoculaciones sobre hojas desprendidas de diferentes genotipos derivados de cruces con accesiones de *C. liberica*, se puede concluir parcialmente que:

- La mezcla de inóculo resultó efectiva y biológicamente viable en todos los casos, ya que siempre se observaron síntomas en el control susceptible Caturra. Sin embargo, no se observó una infección efectiva de este inóculo al aplicarlo en los dos controles de la Variedad Castillo®, de donde se tomó inicialmente. Es posible que la mezcla de inóculo conteniendo dos poblaciones de roya específicas, para cada uno de los genotipos control de la Variedad Castillo® de donde se recogieron, haya incidido en la eficiencia de infección sobre estos mismos genotipos.

- Los valores del índice PI no parecen ser concluyentes a la hora de designar genotipos resistentes, porque aunque varios genotipos presentan valores de PI significativamente altos (aparición tardía de síntomas), la aparición de lesiones esporuladas (evaluada mediante el IPL) no muestra diferencias con los demás genotipos, en otras palabras, la esporulación del hongo ocurre de manera similar en genotipos con valores de IPL significativamente diferentes al comienzo de la enfermedad.
- En el presente reporte se observó una reacción de resistencia importante en todos los genotipos evaluados derivados de *C. liberica*, con excepción del T4 (CX2848xCCC1026). El genotipo CU1843xCCC1026 mostró valores particularmente bajos de incidencia y severidad respecto a los demás tratamientos. Los genotipos mencionados presentan un bajo grado de fertilidad, por lo cual se recomienda examinar su nivel de ploidía antes de pensar en utilizarlos en nuevos cruzamientos.
- Si bien se observaron síntomas de enfermedad en seis de los ocho tratamientos, éstos siempre mostraron una incidencia y severidad significativamente menores que los observados para el control susceptible Caturra.

Paralelamente, se realizó la evaluación de resistencia a estrés hídrico de estos materiales bajo condiciones de invernadero. El análisis final de los resultados mostró que todos los genotipos evaluados presentaron una resistencia estomática superior a la del control (Caturra) cuando se sometieron a déficit hídrico, lo cual indica que los seis híbridos evaluados cerraron sus estomas para disminuir la pérdida de agua por transpiración, como respuesta a la falta de agua. Se destacó el híbrido CU1843S795, por presentar un peso seco del tallo y un peso seco total mayor al de los demás híbridos evaluados bajo condiciones de déficit hídrico.

Caracterizar desde el punto de vista químico y sensorial genotipos con perfiles promisorios de calidad y propiedades nutraceuticas.

Evaluación de la Colección Colombiana de Café por taza y compuestos químicos no volátiles.

En la presente vigencia, se muestrearon hojas y frutos de 103 materiales de la CCC ubicados en La Granja – Cenicafé, para la determinación de cafeína.

En la Tabla 39 se muestran los resultados analíticos de cafeína, en donde los materiales se clasificaron

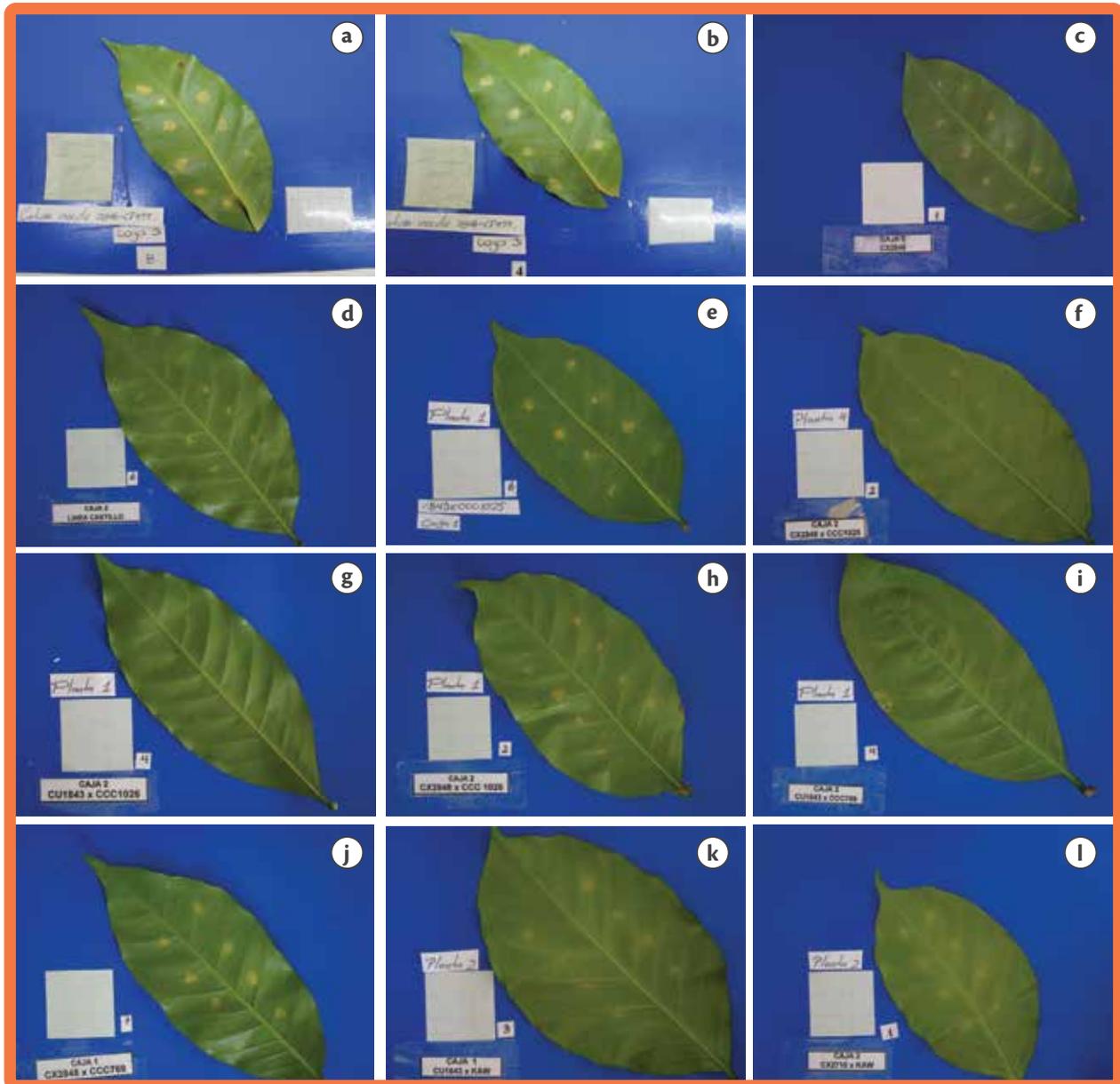


Figura 73. Apariencia de las lesiones observadas luego de 40 DDI sobre hojas desprendidas de los genotipos: (a-b) control Caturra; (c) CX2848; (d) BGB459; (e) CU1843 x CCC1025; (f) CX2848 x CCC1025; (g) CU1843 x CCC1026; (h) CX2848 x CCC1026; (i) CU1843 x CCC769; (j) CX2848 x CCC769; (k) CU1843 KAW; (l) CX2710 x KAW.

de acuerdo al tipo de hibridación. Los materiales clasificados como híbridos interespecíficos presentaron un rango de variación de 2,32%, con un valor mínimo de 0,82%. Los materiales que han sido obtenidos a partir de selecciones del programa de mejoramiento genético presentaron contenido entre 0,37% y 3,02%; en aquellos clasificados como diploides el contenido de cafeína varió entre 0,4% y 3,02%; los materiales clasificados como tetraploides presentaron un contenido entre 0,37% y 1,59%; para aquellos denominados triploides la variación estuvo

entre 0,82% y 1,64%. En la Figura 74 se presenta la variación para el contenido de cafeína.

Actualmente, el mercado está exigiendo variedades o materiales que sean descafeinados naturales, con base en lo anterior se encontraron materiales con contenidos inferiores al 1%, entre los que se destacan cuatro que presentaron contenidos inferiores al 0,74% y se destaca el material Zeguie, con contenido de 0,37% (Tabla 40).

Tabla 39. Estadística descriptiva para cafeína de una muestra de la Colección Colombiana de Café.

Tipo	N	Promedio	Desviación estándar	Mín.	Rango	Máx.
General	80	1,23	0,36	0,37	2,65	3,02
H. interespecífico	28	1,28	0,28	0,82	1,50	2,32
Selección	50	1,22	0,41	0,37	2,65	3,02
Diploide	11	1,57	0,76	0,40	2,62	3,02
Tetraploide	58	1,17	0,20	0,37	1,22	1,59
Triploide	9	1,29	0,25	0,82	0,81	1,64

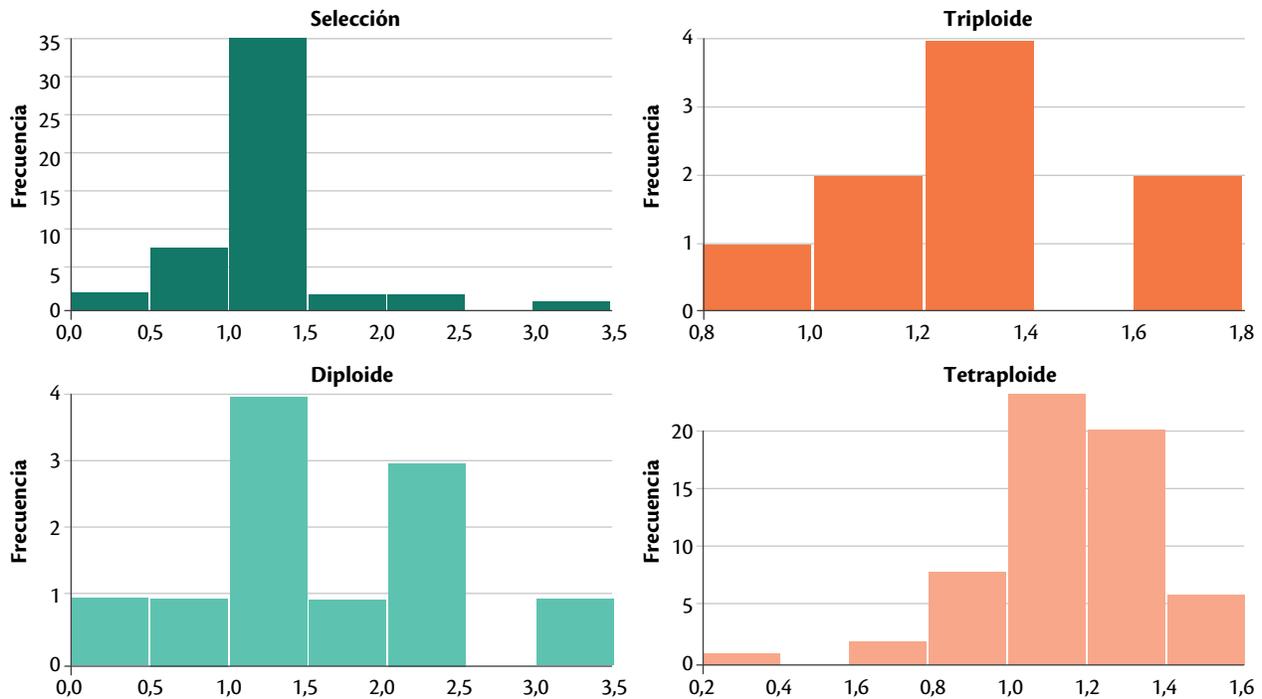


Figura 74. Análisis discriminante PCA genotipos GPFA vs. localidad.

Tabla 40. Materiales de la Colección Colombiana de Café que presentaron contenido de cafeína inferior al 1%.

Tipo de material	Material	Cafeína_BS
Selección	Tetraploide	0,37
Selección	Diploide	0,40
Selección	Tetraploide	0,70
Selección	Tetraploide	0,74
H. interespecífico	Triploide	0,82
Injerto	Tetraploide/Diploide	0,86
H. interespecífico	Diploide	0,86
Selección	Tetraploide	0,88
Selección	Tetraploide	0,95
Selección	Tetraploide	0,95
H. Intraespecífico	Tetraploide	0,96
Selección	Tetraploide	0,97
Selección	Tetraploide	1,00
Selección	Tetraploide	1,00

Es necesario confirmar estos resultados por el potencial de este material para ser utilizado como parental dentro de un esquema de mejoramiento genético por baja cafeína.

Premium quality-driven variety selection between Nestec & FNC – Cenicafé. Con el objetivo de evaluar el potencial de híbridos desarrollados por Nestlé en términos de producción, resistencia y adaptación bajo las condiciones de la caficultura colombiana, a partir de 2011, se estableció un experimento en ocho localidades, distribuidas en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé, en tres fincas de Comités Departamentales de Cafeteros (Valle, Nariño y Huila) y en una finca de un caficultor (Socorro, Santander) (Tabla 41).

Tabla 41. Localidades donde se evalúa el experimento Nestec.

Departamento	Sitio	Fecha de siembra
Caldas	Naranjal	Diciembre 2011
Nariño	Consacá	Diciembre 2011
Cauca	El Tambo	Diciembre 2011
Huila	Gigante	Diciembre 2011
Cesar	Pueblo Bello	Diciembre 2011
Antioquia	El Rosario	Diciembre 2012
Valle del Cauca	La Sirena	Febrero 2012
Santander	Socorro	Febrero 2012

En cada localidad se encuentran establecidos dos lotes, en función del porte de las plantas. El lote con los genotipos de porte bajo está conformado por: CU1815, CU1990, CX2197, CX2720, CX2848, DG376, GPFA104, GPFA107, GPFA108, GPFA109 y GPFA110; los materiales de porte alto son 2007_5, GPFA113, GPFA114, GPFA115, GPFA116, Res_ Rust y Tabi.

Con las muestras provenientes de las localidades de Gigante, Naranjal, Pueblo Bello y El Rosario, se realizó la determinación analítica de minerales y predicción de compuestos químicos por Espectroscopia NIRS. Se encontraron diferencias altamente significativas entre localidades para los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso, cinc, cobre y boro; y diferencias significativas para hierro y el porcentaje de cenizas.

Así mismo, se realizó el análisis de 15 compuestos químicos utilizando ecuaciones de predicción NIRS desarrolladas en Cenicafé, entre los cuales se encuentran: cafeína, trigonelina, ácido clorogénico total, tres isómeros del ácido clorogénico: (3-CQA, 4-CQA y 5-CQA), sacarosa, lípidos totales, y siete ácidos grasos: ácido araquídico, ácido behénico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido linolénico, ácido palmítico y ácido esteárico. Se encontraron diferencias altamente significativas entre localidades para los isómeros 3, 4, 5 CQA y CQA totales, sacarosa y lípidos totales; diferencias significativas para trigonelina y ácidos clorogénicos totales; para el contenido de cafeína no se hallaron diferencias significativas (Tabla 42).

Debido a los resultados encontrados en el ANOVA se realizó la prueba de Duncan (Tabla 43).

Basados en la información espectral obtenida de cada una de las muestras y de cada localidad se realizó un Análisis de Componentes Principales-PCA, el espectro total se obtuvo entre las longitudes de onda 400 a 2.498 nm. Se encontró que el primer componente principal explica el 88% de la variación total de los datos.

Paralelamente, durante la presente vigencia se adelantaron actividades relacionadas a la evaluación de roya en hoja desprendida de los materiales Nestec; el inóculo fue suministrado por la disciplina de Fitopatología. Los materiales de Nestec presentaron un período de incubación entre 9 y 13 días, similar al

Tabla 42. ANOVA realizada a los compuestos químicos.

Componente	Fuente de variación	Genotipos GPFA					
		SS	df	MS	F	P-value	F crit
Cafeína	Entre grupos	0,073	3	0,024	1,936	0,127133	2,677
Trigonelina	Entre grupos	0,077	3	0,026	2,789	0,043390	2,677
3-CQA	Entre grupos	0,155	3	0,052	17,605	0,000000	2,677
4-CQA	Entre grupos	0,118	3	0,039	13,420	0,000000	2,677
5-CQA	Entre grupos	6,675	3	2,225	40,657	0,000000	2,677
CQAT	Entre grupos	2,031	3	0,677	12,145	0,000000	2,677
ACT	Entre grupos	2,475	3	0,825	1,824	0,146200	2,677
Sacarosa	Entre grupos	8,504	3	2,835	11,142	0,000002	2,677
Lípidos	Entre grupos	84,979	3	28,326	25,062	0,000000	2,677
Ac. araquídico	Entre grupos	0,463	3	0,154	8,050	0,000060	2,677
Ac. behénico	Entre grupos	0,018	3	0,006	1,622	0,187612	2,677
Ac. oleico	Entre grupos	3,262	3	1,087	0,994	0,397951	2,677
Ac. linoleico	Entre grupos	135,693	3	45,231	15,560	0,000000	2,677
Ac. linolénico	Entre grupos	0,378	3	0,126	13,662	0,000000	2,677
Ac. palmítico	Entre grupos	110,733	3	36,911	25,364	0,000000	2,677
Ac. esteárico	Entre grupos	1,904	3	0,635	4,537	0,004702	2,677

Tabla 43. Resultados de la comparación de medias (Test de Duncan) por genotipo y localidad.

Componente	Genotipos GPFA							
	Gigante		Naranjal		Pueblo Bello		El Rosario	
Cafeína	1,25	a	1,26	a	1,31	a	1,26	a
Trigonelina	0,92	b	0,90	b	0,93	ab	0,98	a
3-CQA	0,38	c	0,41	b	0,48	a	0,42	b
4-CQA	0,57	c	0,59	bc	0,65	a	0,60	b
5-CQA	4,46	a	4,08	b	4,17	b	3,69	c
CQAT	5,33	b	5,39	b	5,52	a	5,08	c
ACT	5,92	a	5,85	a	5,72	ab	5,46	b
Sacarosa	6,57	b	6,90	a	6,26	c	6,81	ab
Lípidos	19,30	a	17,40	c	17,98	b	17,14	c
Ac. araquídico	2,60	bc	2,70	a	2,55	c	2,65	ab
Ac. behénico	0,56	a	0,58	a	0,60	a	0,58	a
Ac. oleico	12,64	a	12,25	a	12,40	a	12,49	a
Ac. linoleico	39,61	b	42,09	a	41,84	a	41,34	a
Ac. linolénico	1,54	b	1,48	c	1,60	a	1,61	a
Ac. palmítico	36,83	a	34,76	c	34,51	c	35,44	b
Ac. esteárico	7,66	a	7,50	ab	7,40	bc	7,28	c

testigo Caturra, con un período de latencia entre 23 y 25 días. Los materiales GPFA114 y GPFA113 fueron los que mayor área de lesión al día 25.

En resumen, el experimento ha presentado diferencias altamente significativas entre las localidades y genotipos evaluados, para la totalidad de variables registradas.

En términos generales, los genotipos que se han evaluado como testigos desarrollados por el programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé, presentan un comportamiento similar a los híbridos desarrollados por Nestec, con excepción del factor de resistencia a roya, donde los materiales de Cenicafé son superiores.

Evaluación de la Colección Colombiana de Café por su capacidad antioxidante. Actualmente se ha venido trabajando en la determinación de la capacidad antioxidante de los extractos etéreos, cetónicos y metanólicos, por varios métodos, en diferentes órganos del cafeto como el mucílago, hojas, pulpa y grano verde.

El contenido total de compuestos fenólicos, medido como equivalentes de ácido gálico, se presenta en la Figura 75. En general, se muestra que hay efecto sobre la cantidad de compuestos fenólicos medidos.

Los extractos metanólicos muestran valores similares de los compuestos fenólicos totales para el grano verde

así como para las hojas, en tanto que el valor del extracto cetónico en las hojas, presenta un mayor valor.

La pulpa del grano de café, aun cuando presenta valores inferiores ($24,83 \text{ mg.g}^{-1}$) a los obtenidos para hojas y granos verdes, es superior a los presentados en estudios previos ($2,45 \text{ mg.g}^{-1}$ ó $29,36 \text{ mg AG/100 g}$ pulpa fresca). Este material se convierte en una fuente interesante de compuestos fenólicos, dados los grandes volúmenes residuales de la postcosecha cafetera y que en la actualidad se utilizan principalmente en procesos de compostaje para la producción de fertilizantes orgánicos, pero que en muchos sistemas de producción se manejan inadecuadamente, produciendo problemas ambientales de contaminación, en particular para las fuentes hídricas. El resultado es importante dado que se podría utilizar como materia prima para la obtención de este tipo de compuestos de interés nutraceútico y cosmoceútico para ser escalados y comercializados.

Otro resultado es el correspondiente a la presencia de altas cantidades de compuestos fenólicos totales en medio cetónico para las hojas maduras del cafeto. La forma como se manejan los ciclos de renovación de los cafetales en Colombia muestran que cada 7 a 10 años, porciones importantes de las áreas cafeteras son renovadas, ya sea por zoca o por plantaciones nuevas, donde previamente los árboles envejecidos son deshojados y desramados. Puesto que la biomasa de hojas presentes en esta etapa del crecimiento del cafeto puede alcanzar el 20% del total de la plantación, éstas podrían ser utilizadas como materia prima para

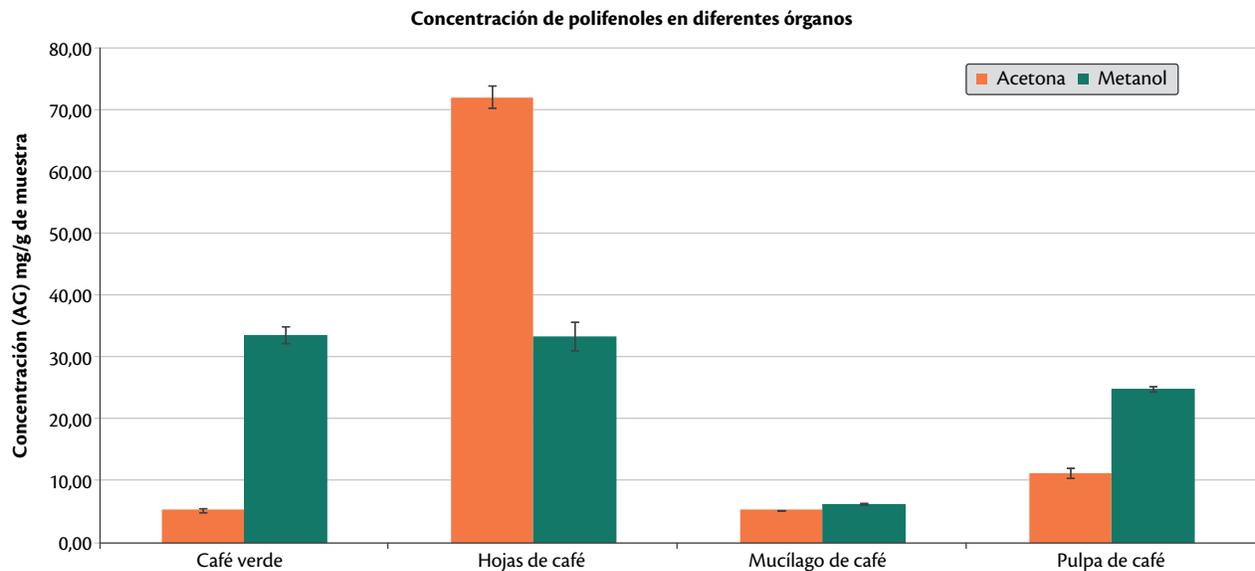


Figura 75. Contenido de polifenoles totales en los diferentes órganos estudiados.

la obtención de estos metabolitos naturales para su aprovechamiento industrial. Otra alternativa podría estar asociada con la fermentación, secado y molienda de éstas para la obtención de productos similares al té, con alto valor nutraceutico.

El componente que presentó los menores valores de compuestos fenólicos es el mucílago de café, debido a que éste se encuentra constituido principalmente por carbohidratos y pectinas, que cumplen un papel determinante en el proceso germinativo de la semilla, bajo condiciones naturales.

En la Figura 76 se muestran los valores y comportamiento de los flavonoides medidos como equivalentes de catequina. Estos compuestos referenciados como determinantes de la actividad antioxidante, siguen la misma tendencia descrita para los compuestos fenólicos totales, tanto en su cantidad relativa como en el comportamiento de los mismos en los solventes utilizados. Los valores más sobresalientes se obtuvieron para las hojas del cafeto en el solvente acetona $85,32 \pm 1,59$ mg CQ/g muestra, y para el café verde en el solvente metanol $42,20 \pm 3,02$ mg CQ/g muestra.

A diferencia de lo obtenido para los compuestos fenólicos totales, no se logró determinar la presencia de flavonoides en el mucílago del grano de café.

En estudios previos se ha determinado que los flavonoides son una gran familia de compuestos que

contribuyen con la acción antioxidante, los resultados confirman la importancia de los órganos estudiados como fuente de antioxidantes naturales que pueden presentar un potencial para su utilización en la industria química, alimentaria y cosmética, entre otros.

La actividad antioxidante medida por el método DPPH y sus valores presentados como equivalentes de Trolox se muestran en la Figura 77. Los mayores valores de actividad se presentan en hojas del cafeto, extraídos en el solvente acetona y metanol, respectivamente ($393,94 \pm 23,13$ mg Trolox/g muestra y $271,34 \pm 11,61$ mg Trolox/g muestra).

Para las extracciones metanólicas y de acetona, las muestras de hojas del cafeto muestran los valores más elevados de capacidad antioxidante ($271,34 \pm 11,61$ y $393,94 \pm 23,13$ mg Trolox/g, respectivamente), mientras que el mucílago del grano de café muestra el contenido más bajo ($13,24 \pm 1,34$ y $1,25 \pm 0,20$ mg Trolox/g respectivamente). Estas diferencias se encuentran asociadas con la polaridad del extractante, que incide tanto en la totalidad de los compuestos fenólicos extraídos o sus compuestos asociados los flavonoides, como en su capacidad antioxidante medida.

Para el caso de la determinación de la capacidad antioxidante en las muestras etéreas, medidas por el método DPPH en acetato de etilo, se puede observar en la Figura 78 que la mayor capacidad antioxidante se presentó en las hojas del cafeto seguido por la pulpa del grano de café.

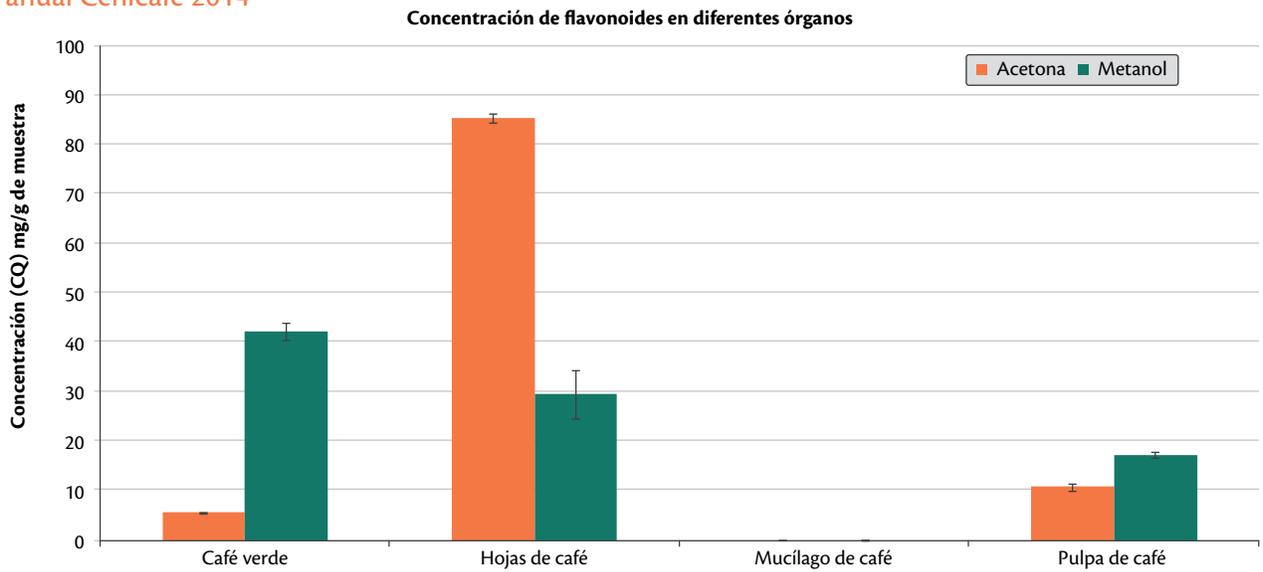


Figura 76. Contenido de flavonoides totales en los diferentes órganos estudiados.

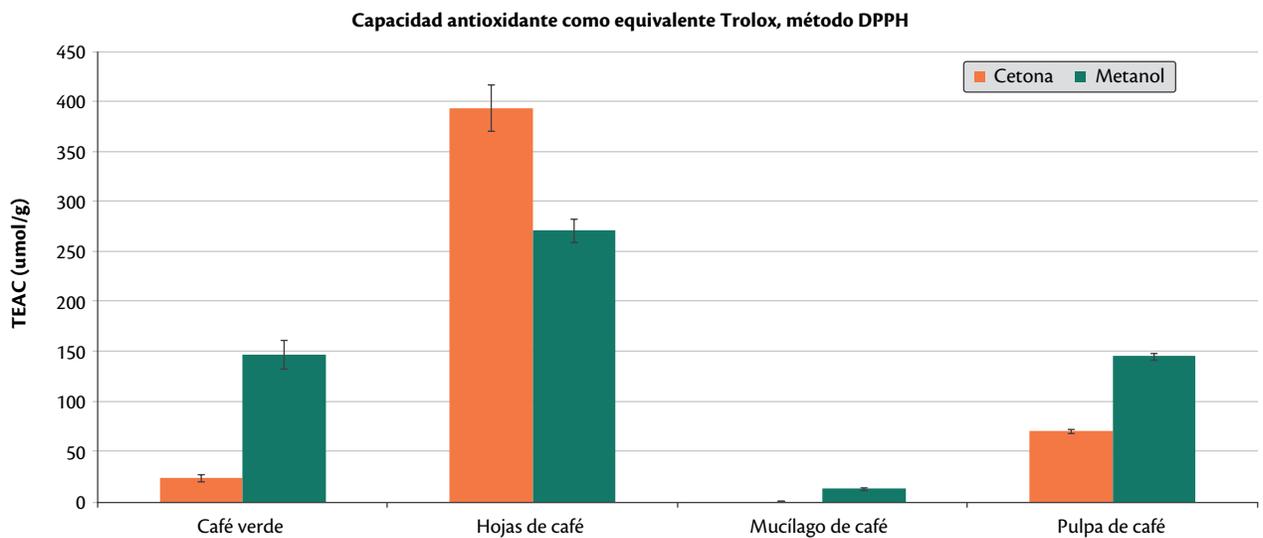


Figura 77. Capacidad antioxidante medida como DPPH de los diferentes órganos estudiados.

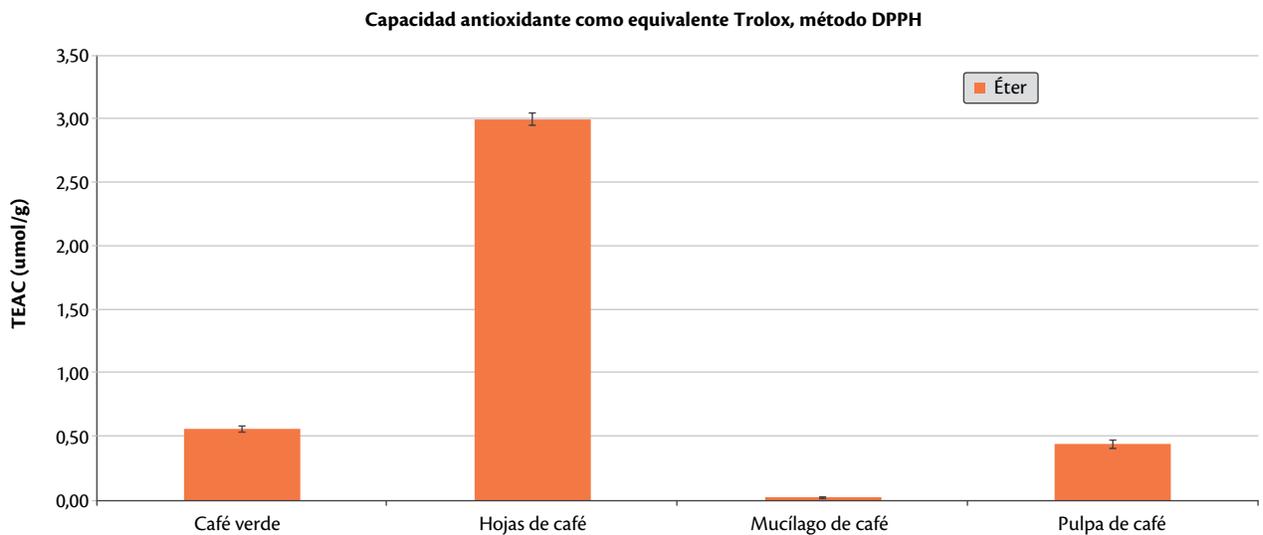


Figura 78. Capacidad antioxidante, medida como DPPH, en el extracto etéreo en los diferentes órganos de café.

La capacidad antioxidante del café se atribuye principalmente a la presencia de compuestos fenólicos y de melanoidinas, pero dependiendo de la intensidad del proceso de tostado de los granos de café, la influencia de uno u otro grupo en la capacidad antioxidante total es diferente, existiendo una gran discrepancia en cuanto a los resultados descritos por diferentes autores de los efectos del tostado sobre la capacidad antioxidante del café.

La capacidad antioxidante medida como ORAC se muestra en la Figura 79. Se destaca que en las extracciones metanólicas, las hojas del cafeto y café verde presentan los mayores valores de dicha actividad $808,35 \pm 10,34$ y $734,61 \pm 8,90 \mu\text{mol/g}$ muestra, respectivamente, mientras que el mucílago de café muestra el contenido más bajo ($70,88 \pm 2,11 \mu\text{mol/g}$ muestra). Para las muestras extraídas con acetona, los mayores valores de actividad lo presentan

las hojas del cafeto ($1756,81 \pm 13,87 \mu\text{mol/g}$ muestra), mientras que el mucílago de café presenta las actividades más bajas ($16,30 \pm 2,21 \mu\text{mol/g}$ muestra).

Los tocoferoles identificados en la manteca de granos de café verde, son el α -tocoferol, ($\beta+\gamma$)-tocoferol, y δ -tocoferol, como se muestra en la Figura 80, a través del perfil cromatográfico.

Se identificaron los isómeros y se determinó el de mayor contenido como la mezcla ($\beta+\gamma$)-tocoferol (Figura 81), utilizando las diferentes curvas de calibración para cada isómero. La manteca de café posee una cantidad elevada de tocoferoles y, por ende, su vitamina E. Se puede concluir que la manteca de café tiene una mayor capacidad de antioxidante, debido a que el α -tocoferol es uno de los antioxidantes naturales que actúa más rápidamente durante el proceso oxidativo de los aceites.

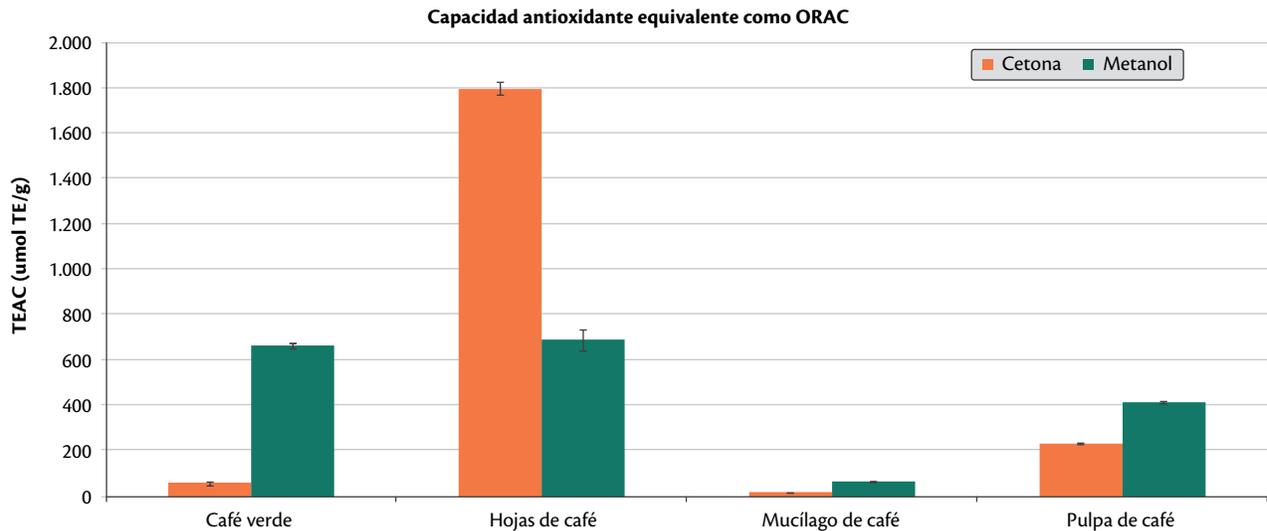


Figura 79. Capacidad antioxidante, medida como ORAC, en los diferentes órganos de café.

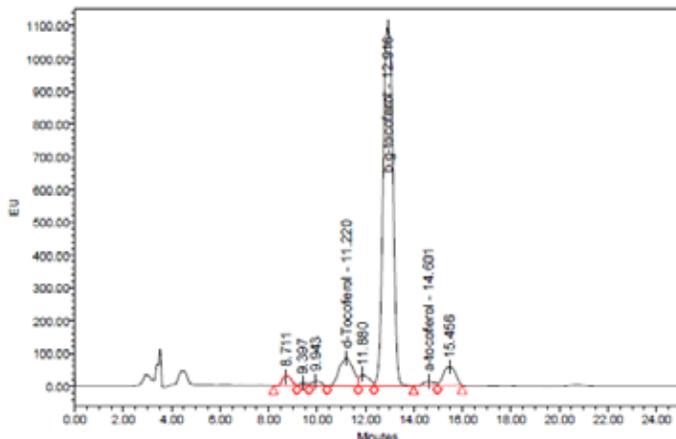


Figura 80. Perfil cromatográfico de tocoferoles en una muestra de grano de café verde.

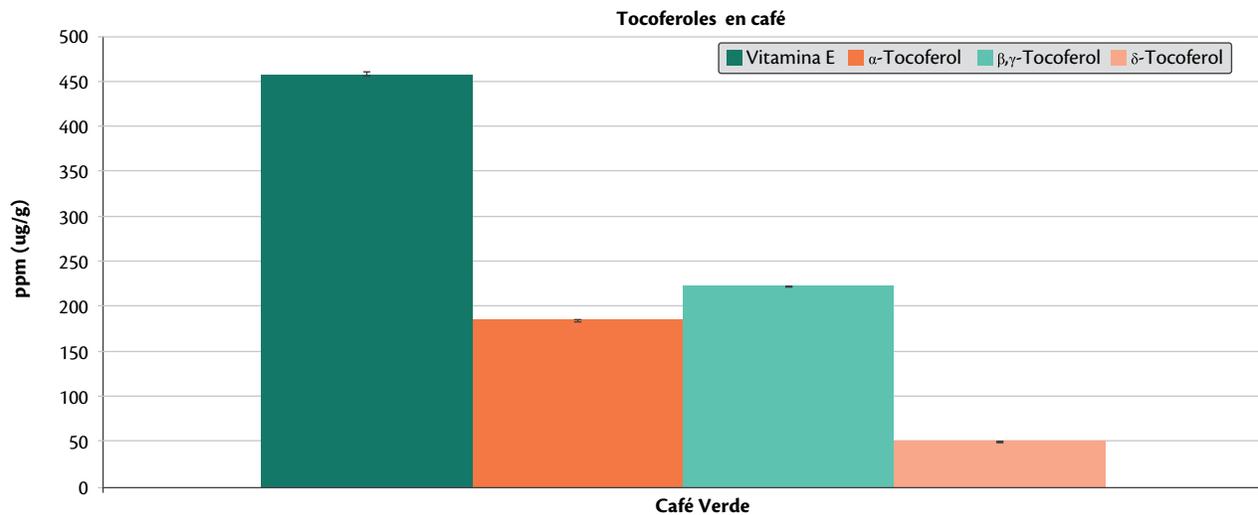


Figura 81. Contenido de tocoferoles el extracto etéreo en los diferentes órganos de café y cacao.

En las fracciones etéreas de los demás órganos estudiados (hojas, mucílago y pulpa de café) también se realizaron los análisis de tocoferoles, pero no se reportan, debido a que presentan varios compuestos que co-eluyen en el mismo tiempo de retención, dificultando su identificación.

Línea PPR0700

Desarrollo de materiales para pruebas regionales y entrega de variedades

Obtener variedades de café con énfasis en factores bióticos.

Desarrollo de líneas élite portadoras del gen S_H3 de resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*).

Optimización de las condiciones de amplificación y revelado de marcadores ligados al gen S_H3 . Se evaluó el efecto de diferentes soluciones y reactivos sobre la claridad y reproducibilidad de las bandas derivadas de diferentes marcadores microsatélites. Además del protocolo de amplificación por PCR, también se revisaron y evaluaron distintas sustancias y soluciones como: carbonato de sodio (utilizado en

la solución reveladora), el nitrato de plata (utilizado en la solución de tinción), el persulfato de amonio 10%, APS (usado en la preparación de los geles), y el tiosulfato de sodio, entre otras.

Los resultados de las evaluaciones revelaron que la antigüedad del tiosulfato de sodio, así como la deficiente eliminación del ácido acético durante los lavados previos a la tinción con nitrato de plata, fueron los factores más determinantes para la obtención de geles de buena calidad, que permitieran la detección no ambigua de los marcadores evaluados.

Estudio de la resistencia genética a la roya de plantas F1 portadoras del gen S_H3 mediante el método de hoja desprendida. Se determinó la presencia del gen S_H3 en diferentes progenies F1 derivadas de cruces entre líneas de la Variedad Castillo® y accesiones introgresadas por la especie *C. liberica* en el laboratorio (Tabla 44).

Variables evaluadas: 1. Período de Incubación (PI); 2. Período de latencia (PL); 3. Área de la lesión (AL). Las variables PI y PL se evaluaron con respecto al nivel 3 y 4 de la escala de Leguizamón. Con el fin de comparar los tratamientos el registro de las variables PI y PL obtenidas en días después de la inoculación (DDI) se transformó a un índice entre un rango de 0 y 1, que resulta de dividir el dato obtenido entre el número total de días que duró el experimento (45 días). Los genotipos que presentaron algún grado resistencia se acercaron a 1, mientras que aquellos que presentaron susceptibilidad tuvieron un valor cercano a 0.

Tabla 44. Resultados de la comparación de medias (Test de Duncan) por genotipo y localidad.

Genotipos	Inóculo
Caturra	Caturra
Cx 2848	Caturra
Cx 2848	Cx 2848
CX 2848 x S288/23	Caturra
CX 2848 x S288/23	Cx 2848
CU1951	Caturra
CU1951	Cx 2848

Durante el desarrollo del experimento, el genotipo Caturra (control susceptible) no presentó períodos de incubación y de latencia, debido a que las plantas de este lote fueron sometidas con anterioridad a control químico con fungicidas, razón por la cual las hojas infectadas no reaccionaron al patógeno. El genotipo Caturra 19, de la Colección Colombiana de Café, en hojas infectadas con su propio inóculo, presentó un PI de 13 días y un PL de 20,7 días. La línea madre CX2848, igualmente susceptible a *Hemileia vastatrix*, presentó una media del PI de 16 días después de la inoculación y PL a los 32 días. La línea élite CU1951, escogida como material resistente, presentó un PI de 19,5 días, mientras que su PL de 30 días fue menor con respecto al registrado para CX2848, evidenciando una susceptibilidad similar frente al inóculo evaluado.

Como se esperaba, las dos líneas élites de la Variedad Castillo® (CX2848 y CU1951) así como el híbrido CX2848 x S288/23, inoculados con esporas de la variedad Caturra, no presentaron signos de la enfermedad. Aunque el híbrido CX2848 x S288/23 infectado con esporas de roya obtenidas de la línea madre que le dio origen, presentó síntomas iniciales de la enfermedad a los 22,3 días (PI), luego de esto no hubo desarrollo de nuevas unidades infectivas, por lo tanto no se registró período de latencia.

Los genotipos de la Variedad Castillo® inoculados con esporas de hongo provenientes de Caturra no presentaron AL, debido a que en éstos no hubo desarrollo de la enfermedad, ya que como se mencionó anteriormente, estas plantas poseen resistencia a la raza II de la roya. El genotipo Caturra 19, infectado con su propio inóculo (Figura 82), presentó la mayor área promedio de afectación (9,3 cm²), seguido por las líneas élite CX2848 y CU1951 infectadas con inóculo de CX2848, las cuales presentaron 1,0 y 1,3 cm² de área afectada, respectivamente (Figura 83). El híbrido CX2848 x S288/23 a pesar de haber presentado síntomas de la enfermedad, registró un valor mínimo de 0,05 cm², con áreas cloróticas poco perceptibles a la sensibilidad del analizador de imagen.

Se realizaron dos análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre las variables evaluadas PI, PL y AL. En el primer análisis se excluyó a Caturra ya que no se obtuvieron datos. En el segundo se incluyó al genotipo Caturra 19, del cual sí se logró una respuesta en la infección. Para los dos análisis se realizó la prueba de Duncan con el fin de determinar posibles diferencias entre tratamientos.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos ($< 0,0001$) para todas las variables PI, PL y AL. En el test de Duncan se observó que los tratamientos 1, 3 y 5 tienen igual comportamiento. Esto se explica porque los genotipos corresponden a materiales mejorados que provienen del Híbrido de Timor y que además han incorporado (en el caso del híbrido F1) el gen *S_H3* de *Coffea liberica*.

Respecto al genotipo de interés, en la prueba de agrupamiento, en el híbrido CX2848 x S288/23 se observó que no hay desarrollo del patógeno con respecto a esporas provenientes de Caturra, pero sí hubo una reacción al inóculo proveniente de su propia madre, presentando una leve decoloración de las áreas infectadas, sin llegar a desarrollar unidades infectivas. Los tratamientos 2 y 6 correspondientes a las líneas élite exhibieron alta susceptibilidad al inóculo proveniente de la línea madre; éstos no presentan diferencias significativas en el PI, pero sí presentaron diferencias con relación al PL, donde CU1951 mostró un menor índice (0,67) y CX2848 una mayor área de la lesión (1,31 cm²).

La comparación de los diferentes tratamientos incluyendo al testigo Caturra mostró diferencias significativas ($< 0,0001$) para todas las variables PI, PL y AL. En la prueba de Duncan se observó que el tratamiento 1 fue altamente susceptible, ya que presentó el menor índice en PI (0,29) y PL (0,46) y un área de la lesión de 9,30 cm². Los tratamientos 2, 4 y 6 se agrupan de igual manera que en el análisis de varianza 1, con un comportamiento similar entre ellos, atribuible a la resistencia transferida del Híbrido de Timor y *Coffea liberica* con resistencia a la raza II de la roya, por lo que no se observaron síntomas o signos de la enfermedad. En la prueba de agrupamiento, para el híbrido CX2848 x S288/23 se observó que no hay desarrollo del patógeno con respecto a esporas provenientes de Caturra, pero sí hubo una reacción al inóculo proveniente de su propia madre, con una leve decoloración de las áreas infectadas, pero sin llegar a desarrollar unidades infectivas. Con respecto al PL, en este análisis el genotipo se ubica entre las plantas que presentan mayor resistencia. Los tratamientos correspondientes a las líneas élite (3 y 7) exhibieron

alta susceptibilidad al inóculo proveniente de la línea madre. Ambos presentan similitud en el período de incubación pero a su vez presentaron similitud con CX2848 x S288/23 y CU191 con Caturra. Respecto al área de la lesión la prueba no discriminó diferencias entre los genotipos de las líneas élite y el híbrido pero todas presentan diferencia con Caturra. Seguramente porque Caturra tiene un área mucho mayor (9,30 cm²) en comparación con el resto de los genotipos que se encontraron con un área menor a 1 cm².

Como conclusiones se tiene que las líneas élites de la Variedad Castillo® CX2848 y CU1951, inoculadas con esporas de la variedad Caturra no presentaron signos de la enfermedad. Esto se explica por su origen



Figura 82. Reacción tipo del control Caturra 19, con inóculo de Caturra, luego de 45 días de la inoculación.

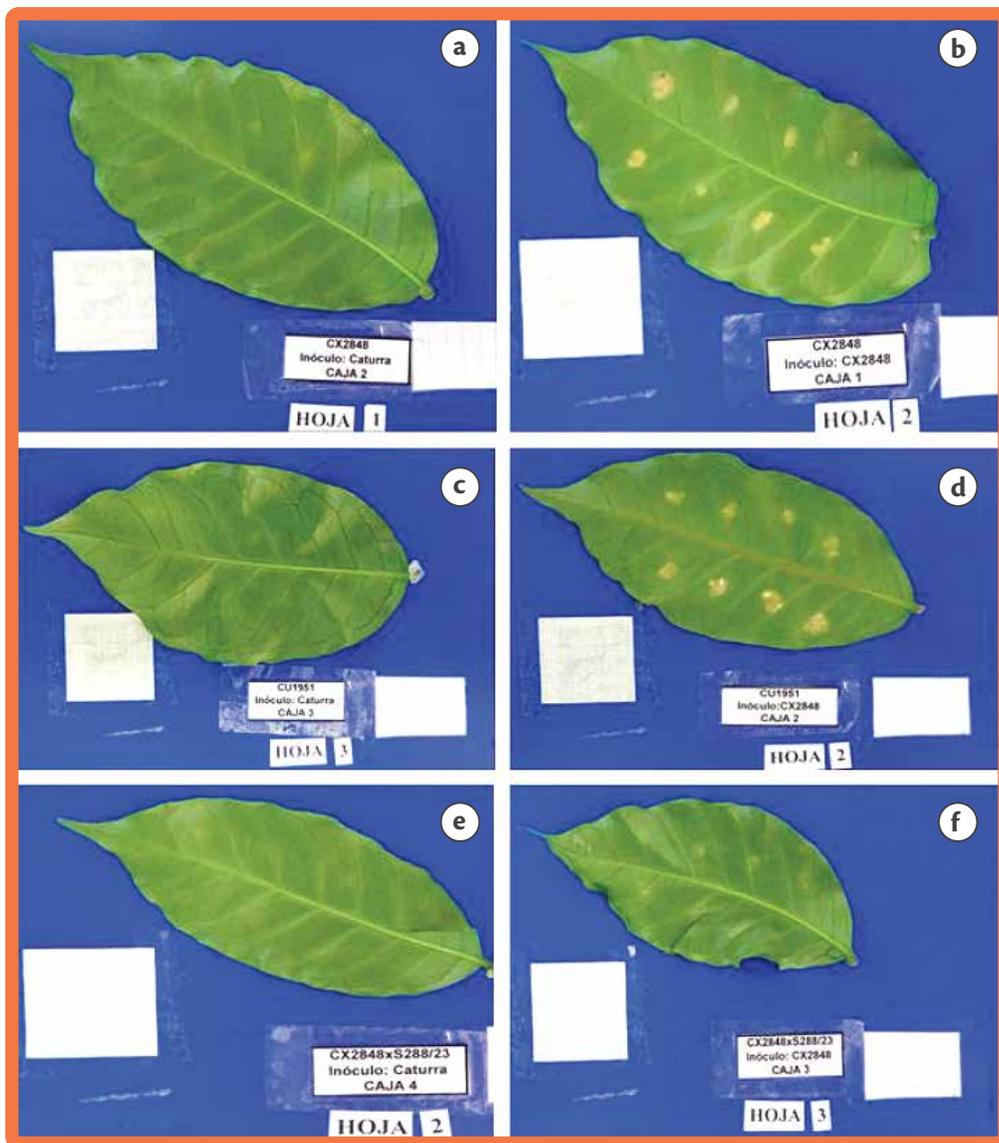


Figura 83. Reacción tipo de cada uno de los genotipos luego de 45 días de inoculación con roya. (a) CX 2848 inóculo Caturra; (b) CX 2848 inóculo CX 2848; (c) CU 1951 inóculo Caturra; (d) CU 1951 inóculo CX 2848; (e) CX 2848 x S288/23 inóculo Caturra; (f) CX 2848 x S288/23 inóculo CX 2848.

derivado del Híbrido de Timor, el cual es una fuente reconocida de genes de resistencia a la roya. Si bien estas líneas presentan en el campo alguna pérdida de resistencia, debida a la aparición de nuevas razas, aún conservan otros genes mayores que les permite defenderse de la enfermedad.

En el híbrido CX2848 x S288/23 infectado con esporas de roya obtenidas Caturra no se observaron síntomas de la enfermedad. Sin embargo, hay una leve reacción al inóculo proveniente de su propia madre sin llegar a desarrollar unidades infectivas. El nivel de resistencia adquirido por este genotipo se debe a que corresponde a materiales mejorados provenientes del Híbrido de Timor y que además se le ha incorporado el gen S_H3 proveniente de *Coffea liberica*.

Estudio de la resistencia genética a la roya de plantas F1 portadoras del gen S_H3 en condiciones de campo y evaluación molecular.

Un grupo de diez plantas pertenecientes a cada cruzamiento fue sometido a una evaluación con marcadores moleculares específicos para verificar la presencia del gen S_H3 . Esta evaluación se realizó en el mes de junio de 2012, como resultado se determinaron los genotipos de 241 plantas F1, incluyendo 154 que hacen parte de los genotipos portadores del gen S_H3 , distribuidos así: 50 plantas derivadas de cruces con S795, 54 de cruces con S288/23 y 50 productos de cruces con el BA-2. La evaluación molecular mostró que 84 individuos presentaban el gen S_H3 (33 del S795; 45 del S288/23 y 6 del BA-2), mientras que 40 no lo presentaron (5 del S795, 1 del S288/23 y 34 del BA-2). Adicionalmente, en un grupo de 32 plantas no se obtuvo un perfil adecuado para ser evaluadas (Tabla 45).

Las plantas F1 fueron evaluadas en el campo, a partir de los 15 meses de edad, utilizando la escala visual de Eskes-Braghini, que va de 0 (ausencia de enfermedad) a 9 (alta susceptibilidad). Esta evaluación se hizo considerando la presencia de roya en todas las ramas del árbol. Se consideró la calificación de dos evaluadores independientes y se tomó como calificación final el valor mayor de los dos. Con esta información se definió, para cada época de evaluación, la frecuencia de plantas pertenecientes a cuatro categorías: (i) completamente resistentes (calificación: 0); (ii) elevada resistencia (calificación: 1-3); (iii) baja resistencia (calificación: 4-6); (iv) elevada susceptibilidad (calificación: 7-9).

La frecuencia de plantas F1, seleccionadas de los distintos cruzamientos con presencia de roya, se registró en cuatro épocas desde 2012 al 2014 (Tabla 46 y Figura 84). Los resultados muestran que 18 meses después de la siembra empezaron a aparecer algunas plantas del cruzamiento 11 con roya, en niveles entre 1 y 6. Este cruzamiento corresponde a un cruzamiento entre la línea CX2848 x BA-2. Entre febrero y julio 2014 esta frecuencia aumentó progresivamente en éste y otros cruces (12, 13 y 14), todos involucrando el padre BA-2.

Con el fin de establecer la presencia del gen S_H3 en las plantas afectadas se realizó un primer análisis molecular de las plantas del Lote 2012_2. Este análisis se hizo utilizando el marcador específico Sat244 el cual fue amplificado según los protocolos establecidos en el laboratorio. Los resultados del análisis molecular mostraron que las plantas F1 afectadas por roya, derivadas de los cruzamientos 11, 12 y 14, no presentan el gen de resistencia S_H3 (Figura 85). Esto explicaría su progresiva susceptibilidad en el tiempo, comparadas con las plantas de los demás cruzamientos que sí son portadoras del gen y que hasta el momento no muestran síntomas de la enfermedad.

Adicionalmente, tres plantas, dos del cruce 3 y una del cruce 7, mostraron una calificación de roya de 1 (Tabla 46). La información disponible sobre su genotipo demuestra que estos individuos tampoco portan el gen S_H3 . Lo anterior confirma las observaciones realizadas en el sentido que la resistencia hasta ahora observada en la mayoría de cruzamientos estudiados sigue soportada por la presencia de dicho gen.

Los resultados de las evaluaciones de campo sobre la resistencia de estos genotipos están siendo corroborados actualmente por ensayos de laboratorio mediante el método de hoja desprendida. Los

Tabla 45. Descripción de los genotipos parentales que dieron origen a las plantas F1 estudiadas.

Tipo de parental	Genotipo	Descripción
Femenino *	CX2848	Línea élite Variedad Castillo®
	CU1843	Línea élite Variedad Castillo®
	CX2178	Línea élite Variedad Castillo®
	CU1852	Línea élite Variedad Castillo®
	Cx2710	Línea élite Variedad Castillo®
Masculino **	S288/23	Selección derivada de S26
	S795	Selección de S288 x Kent
	BA-2	Selección de S26 x S288

*Plantas en donde se realizó la polinización en flores emasculadas.

**Plantas donantes del polen.

Tabla 46. Frecuencia de plantas F1 con diferentes niveles de roya (según escala de campo de Eskes-Braghini), para cuatro evaluaciones realizadas entre 2012 y 2014. En rojo se presenta el número de plantas con algún grado de incidencia de roya.

Fecha	Rangos Escala roya	Cruzamientos													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
30.04.2012	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10
	1 a 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 a 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7 a 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.10.2013	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	13	20	20	10
	1 a 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
	4 a 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	7 a 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.02.2014	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	12	17	20	4
	1 a 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	5
	4 a 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	1
	7 a 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.07.2014	0	20	20	18	20	20	20	19	20	20	20	9	15	19	1
	1 a 3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	3
	4 a 6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	4
	7 a 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2	0	2

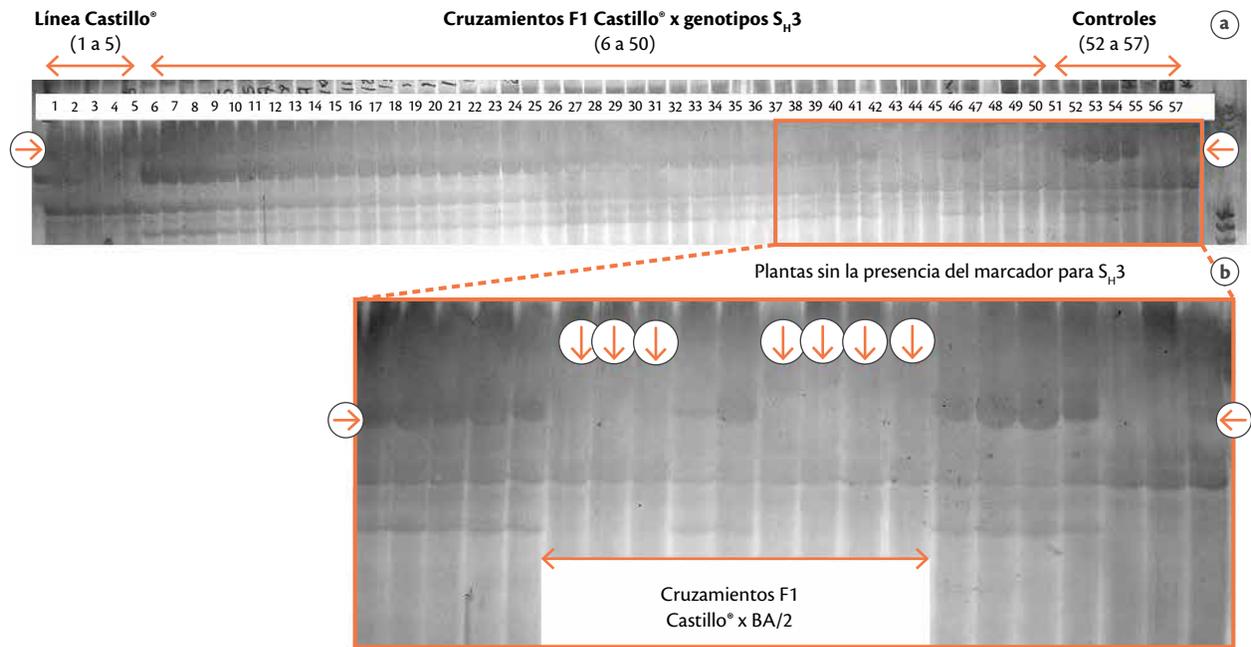


Figura 84. Análisis molecular de la presencia del gen S_H3 mediante el uso del marcador Sat244. a. Genotipificación de 57 plantas (45 híbridos y 12 controles) que hacen parte del experimento. La presencia del marcador aparece señalada con una flecha amarilla. b. Detalle del patrón molecular de algunas plantas evaluadas, resaltando la presencia de individuos de los cruzamientos con el padre BA-2 (flechas rojas), que carecen del gen S_H3 de resistencia a la roya.

resultados hasta la fecha muestran que la resistencia observada en las pruebas de laboratorio corresponde bien con la resistencia registrada en el campo para los mismos materiales. El objetivo final es confirmar el efecto del gen S_H3 sobre la resistencia de los diferentes híbridos formados por líneas de la Variedad Castillo® y genotipos arábigos introgresados con este factor de resistencia, cruzando para ello las evaluaciones de campo, de laboratorio y de almacigo.

Hacer más eficiente la selección de genotipos de interés.

Bases genéticas, moleculares y predicción de la heterosis en una especie aloploide autógena (*Coffea arabica*). Durante el último de año se realizaron actividades de evaluación fenotípica en el campo, a la totalidad de las plantas que forman el experimento, adicionalmente se tomó información de las plantas que fueron seleccionadas de acuerdo a análisis preliminares. A la fecha se han realizado caracterizaciones fenotípicas en las siguientes épocas: junio de 2012, enero 2013, julio de 2013 y julio de 2014 (Tabla 47).

Tabla 47. Relación de variables tomadas en la caracterización fenotípica de dispositivo en el campo.

Código	Variable	Unidad
ALT	Altura de la planta desde la base del tallo hasta el ápice	cm
Dia_T	Diámetro del tallo a 5 cm del suelo	mm
Alt_1Ram	Altura la primera rama verdadera desde la base del tallo	cm
NC	Número de cruces (expresado como el Logaritmo NC+1)	cm
L_E_CRU	Longitud entre cruces	cm
LR	Longitud de la rama (de la cuarta rama del ápice hacia abajo)	cm
NNR	Número de nudos por rama (expresado como Log NNR+1)	cm
L_E_nud	Longitud entre nudos	cm
LH	Longitud de la hoja (desde el ápice a la base)	cm
AH	Ancho de la hoja (de borde a borde en el centro de la hoja)	cm
ARHCEN	Área foliar de la hoja basado en la ecuación de Cenicafé	cm ²

Los hijos presentaron una mayor heterosis con respecto al promedio de la mejor madre, y es mayor en la condición de sombra que sol, en variables como altura de la planta, longitud de la rama, longitud entrenudos y las variables asociadas al largo y ancho de la hoja (Tabla 48).

En la Figura 85, se presenta la evolución del experimento para algunas variables fenotípicas evaluadas para los padres y los respectivos híbridos. Se resaltan las diferencias en crecimiento que se presentan entre los materiales, tanto entre condiciones ambientales como entre los parentales y los híbridos.

En la Tabla 49 se presentan los valores de heterosis para cada una de las poblaciones teniendo como parental las tres líneas de la Variedad Castillo®, en cada condición ambiental. Se destacan los híbridos derivados de la línea de Variedad Castillo® CX2385, en las variables altura de la planta y producción, los cuales son superiores entre un 10% y 12% en altura a la línea de la Variedad Castillo®, para la condición sol y sombra, respectivamente; con respecto a la variable producción, los híbridos de esta línea fueron un 227,8% y 43% superiores a la línea CX2385.

Los híbridos derivados de la línea CU1842 presentaron un 157% y 81,8% mayor producción en la condición del sombra y sol, respectivamente.

En el campo, se instaló una estación climática sistematizada, la cual se encuentra capturando información de radiación global, radiación fotosintéticamente activa, temperatura mínima, máxima, media y humedad en dos alturas (1,5 y 0,5 m sobre la superficie del terreno) en cada condición ambiental (sol y sombra).

Se observó un incremento de la temperatura en la condición de sol versus la condición de sombra, en 0,75°C a los 50 cm y de 0,55°C a los 150 cm.

La humedad relativa fue mayor en la condición de sol a los 50 cm en 2,85% versus la condición de sombra; en contraste la humedad relativa a los 150 cm es mayor en la condición de sombra en 1,55%. Respecto al sensor de radiación fotosintéticamente activa (RFA) se encontró una diferencia del 54% entre la condición de sol y sombra, lo que determinó que el nivel de sombra se encuentra en la cantidad requerida para el estudio. Con relación al contenido volumétrico del agua (%) a los 30 cm de profundidad es un 5% menor en la condición de sol con respecto a la sombra.

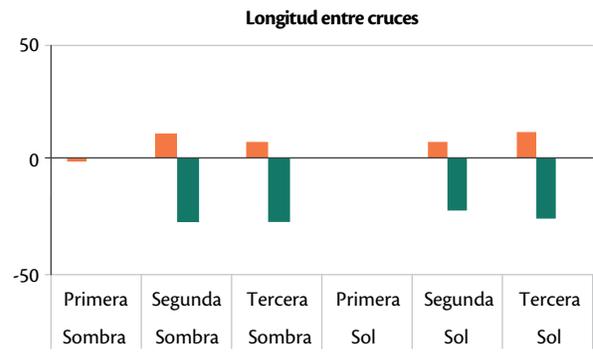
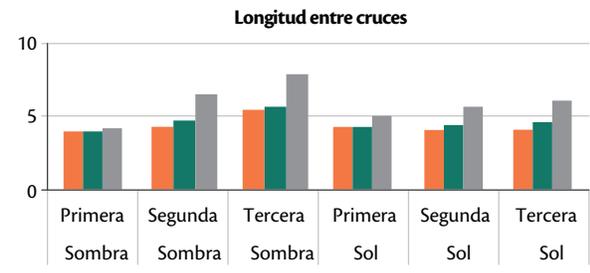
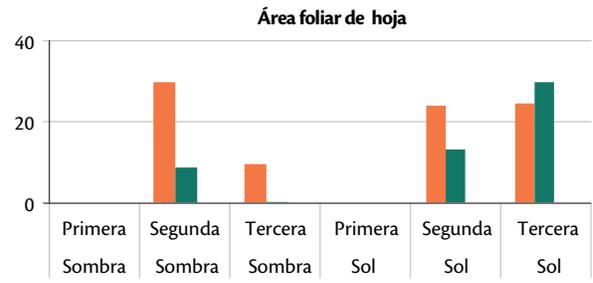
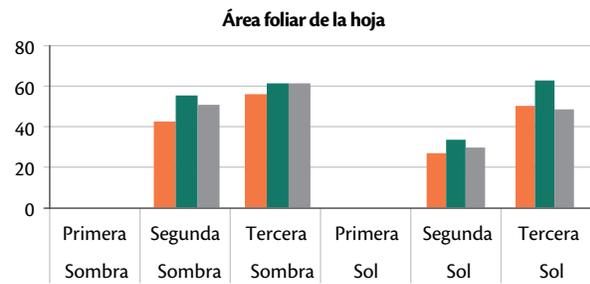
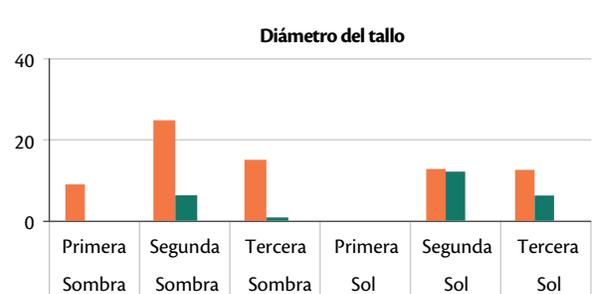
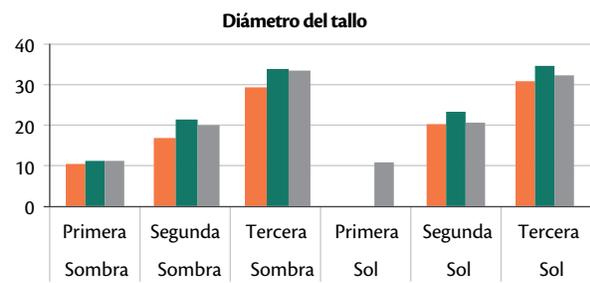
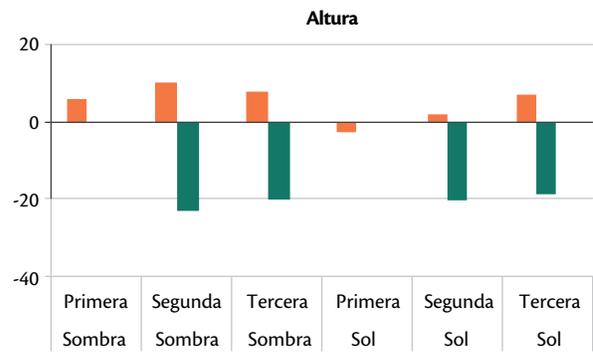
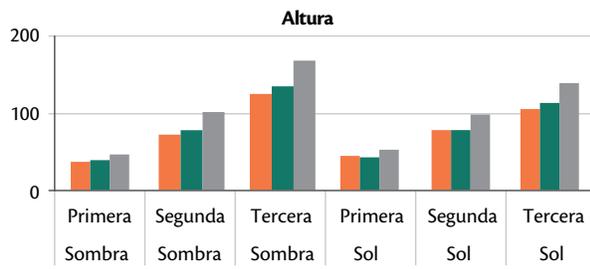
Adicionalmente se realizó una evaluación de variables asociadas a la fotosíntesis en un grupo de híbridos y sus respectivos parentales, en cada condición de luminosidad (Tabla 50), a dos intensidades de luz (475 y 841 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) extremos para la saturación lumínica de la planta de café, tomados en horario entre las 9 y las 11 de la mañana. Los híbridos fueron entre 154% y 191% superiores a las líneas madres en la variable

Tabla 48. Datos promedios y valores de heterosis en la tercera evaluación fenotípica.

Condición	Variable	Híbrido	Madre	Padre	$\frac{(P1+P2)}{2}$	DIFF (%)	H M
Sombra	ALT	136,0	125,9	168,7	147,3	-7,7	8,0
	Dia_T	33,7	29,2	33,3	31,2	7,9	15,4
	Alt_1Ram	24,0	25,3	31,4	28,4	-15,4	-5,3
	NC	19,6	18,9	17,4	18,1	8,0	3,7
	L_E_CRU	5,7	5,4	7,9	6,6	-13,4	7,5
	LR	20,4	17,6	32,3	25,0	-18,3	15,7
	NNR	4,3	4,0	4,9	4,4	-2,4	8,1
	L_E_nud	4,7	4,4	6,7	5,6	-16,2	5,6
	LH	14,3	13,7	14,3	14,0	2,4	4,4
	AH	7,2	7,4	6,2	6,8	6,9	-1,8
ARHCEN	60,3	54,9	60,1	57,5	4,9	9,9	
Sol	ALT	113,2	105,8	139,1	122,5	-7,6	7,0
	Dia_T	34,5	30,6	32,3	31,5	9,8	12,9
	Alt_1Ram	22,9	24,9	32,2	28,6	-19,7	-7,9
	NC	19,8	19,7	17,4	18,5	7,0	0,6
	L_E_CRU	4,6	4,1	6,1	5,1	-10,9	11,7
	LR	22,0	21,6	27,3	24,5	-10,0	1,9
	NNR	5,0	5,1	5,4	5,2	-3,6	-1,1
	L_E_nud	4,4	4,4	5,6	5,0	-12,0	-0,6
	LH	13,9	13,0	12,8	12,9	7,6	6,5
	AH	6,5	6,5	5,4	6,0	8,5	-0,7
ARHCEN	61,8	49,5	47,6	48,6	27,2	24,7	

Tabla 49. Datos promedios y valores de heterosis para cada población función de la línea Variedad Castillo®.

Condición	Variable	Cu1842			Cx2385			Cx2848		
		Híbrido	Madre	%	Híbrido	Madre	%	Híbrido	Madre	%
Sombra	Altura (cm)	135,85	114,83	18,3	135,1	121	11,65	139,4	141,83	-1,71
	Dia_Tallo (mm)	34,47	27,04	27,5	33,62	28,1	19,65	32,11	32,42	-0,94
	ARHCEN (cm ²)	62,49	58,06	7,61	60,72	52,63	15,38	55,11	53,99	2,06
	A_Ocup (m ²)	1,07	0,63	70,9	1,02	0,64	59,45	1,04	0,89	16,5
	Producción (kg/planta)	0,87	0,34	157	0,66	0,46	43,27	0,52	0,35	48,7
	NDVI	0,81	0,8	2,1	0,82	0,82	0,26	0,83	0,81	1,63
	Clorofila (mg.L ⁻¹)	5,04	5,17	-2,53	6,19	6,29	-1,6	5,39	5,97	-9,73
	Sol	Altura (cm)	119,4	111,33	7,25	108,78	98,17	10,81	115,18	107,83
Dia_Tallo (mm)		35,57	30,8	15,5	34,15	29,38	16,24	33,45	31,58	5,95
ARHCEN (cm ²)		53,87	48,11	12	54,25	46,61	16,38	52,64	53,91	-2,35
A_Ocup (m ²)		0,77	0,54	42	0,67	0,4	68,27	0,78	0,63	23,6
Producción (kg/planta)		1,58	0,87	81,8	1,03	0,32	227,8	0,99	0,65	51,8
NDVI		0,76	0,71	6,96	0,71	0,68	4,06	0,74	0,73	1,74
Clorofila (mg.L ⁻¹)		6,42	6,38	0,7	6,58	6,65	-1,02	5,88	5,76	2,13



■ Madre ■ Híbrido ■ Padre

■ H vs M ■ H vs P

Figura 85. Comportamiento de algunas variables fenotípicas evaluadas en el dispositivo de campo.

fotosíntesis neta, a la intensidad de luz de $841 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, en condición de sombra y sol, respectivamente.

En el mes de abril de 2013, se realizaron actividades de muestreo para extracción de RNA, DNA y determinación de compuestos químicos en 48 plantas que fueron seleccionadas de acuerdo a los análisis preliminares (Tabla 51). Las muestras fueron tomadas el mismo día, en horario de 10:00 a 10:30 am; para la extracción de RNA y DNA, las hojas jóvenes se envolvieron en papel aluminio y se congelaron inmediatamente en nitrógeno líquido.

Las muestras fueron sometidas a proceso de extracción de acuerdo al protocolo que describe el Kit RNeasy Plant Mini (QIAGEN); la calidad del RNA se determinó mediante del gel de agarosa al 1%. En la Figura 86 se muestra la calidad de RNA extraído para cada muestra.

Las extracciones se enviaron a Montpellier para iniciar el proceso de secuenciación a la plataforma MGX del Instituto de Genómica Funcional de CNRS (<http://www.mgx.cnrs.fr/>), usando la plataforma de secuenciación HiSeq 2000 Illumina.

En las Figuras 87 y 88, se muestra la calidad del RNA basado en electroforesis para efectos de cuantificación y la calidad de los *reads* obtenidos.

Las 48 librerías obtenidas fueron ensambladas usando el genoma de referencia de *Coffea canephora*, de los cuales se tienen 25.574 unigenes. En promedio, cada librería tuvo un tamaño cercano a los 23 millones de *reads*, considerado de buen tamaño; del total, el 16% de *reads*, equivalente a cerca de 3,8 millones de *reads*, no mapearon al genoma de referencia utilizado; adicionalmente el 0,0007% de *reads* fueron ambiguos;

Tabla 50. Datos promedios y valores de heterosis en variables asociadas a la fotosíntesis.

RFA	Condición	Tipo	Evap	gs	C int	Pn
475	Sombra	Madre	0,74	386,36	374,73	0,11
		Híbrido	0,68	274,91	343,34	2,27
		Padre	0,59	147,83	429,49	-3,13
	Sol	Madre	0,80	132,42	423,57	0,68
		Híbrido	0,84	93,92	333,77	1,15
		Padre	1,38	349,40	397,68	-1,37
841	Sombra	Madre	0,84	314,01	316,92	3,90
		Híbrido	1,08	433,62	309,02	6,02
		Padre	0,93	576,26	349,55	2,51
	Sol	Madre	1,15	337,76	385,39	2,94
		Híbrido	1,49	517,53	339,77	5,64
		Padre	1,17	325,87	509,60	-0,40

Tabla 51. Relación de plantas seleccionadas para toma de muestra.

Planta Familia	Condición		Total general
	Sombra	Sol	
CU1842	3	3	6
CU1842xE057	2	2	4
CU1842xE286	2	2	4
CU1842xE554	2	2	4
CX2385	3	3	6
CX2385xE057	2	2	4
CX2385xE286	2	2	4
CX2385xE554	2	2	4
E057	2	2	4
E286	2	2	4
E554	2	2	4
Total general	24	24	48

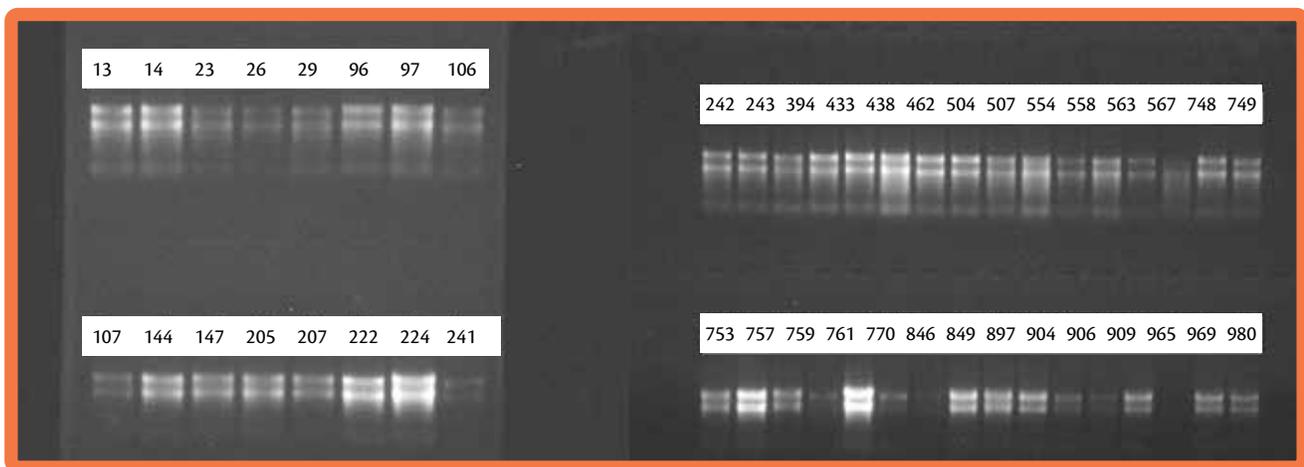


Figura 86. Gel de Agarosa (1%) donde se muestran las subunidades de RNA.

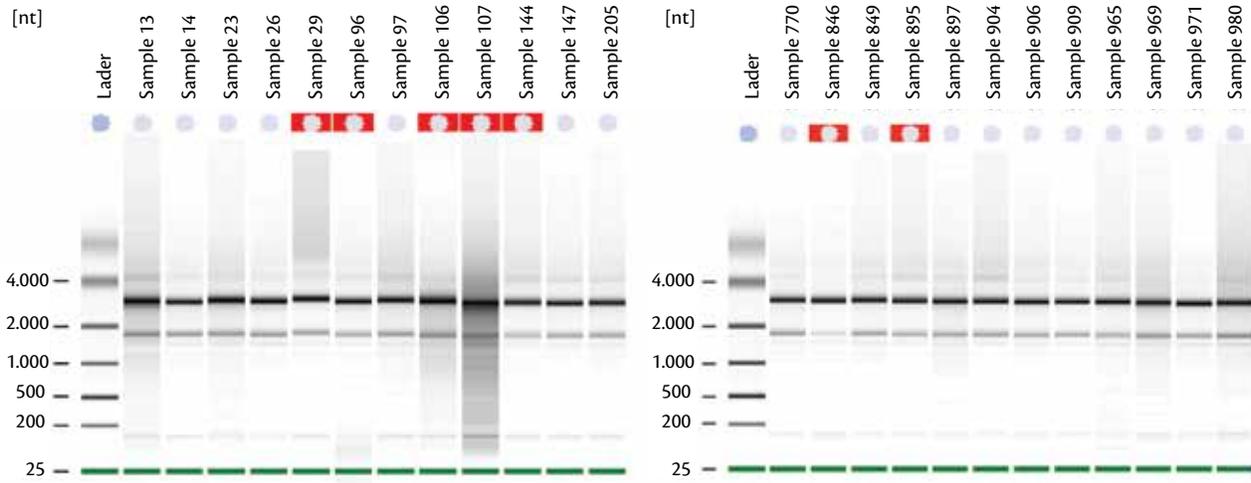


Figura 87. Calidad del RNA previo al proceso de secuenciación.

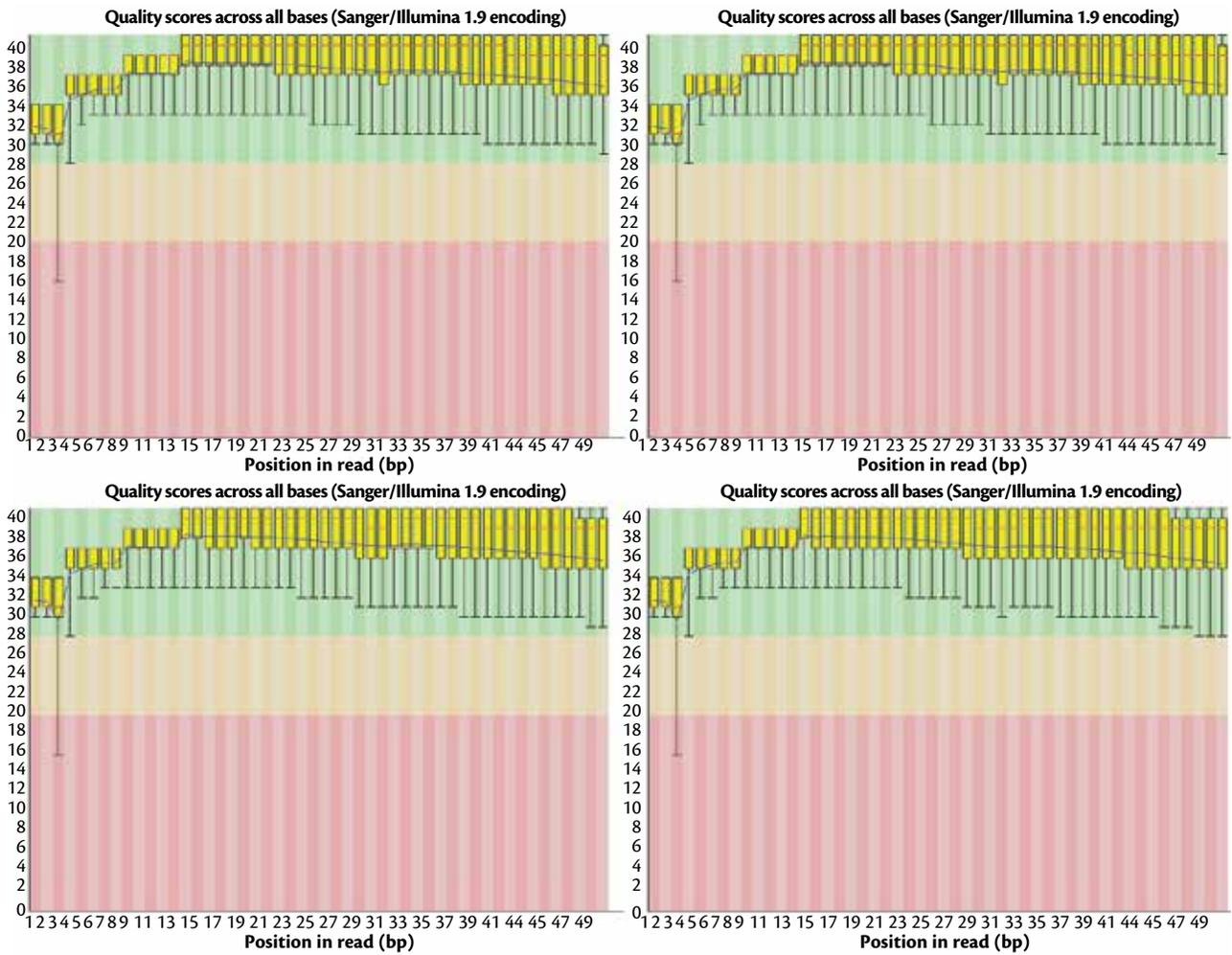


Figura 88. Calidad del RNA una vez finalizado la secuenciación.

y el porcentaje de *reads* únicos alineados fue del 86,1%. Con las librerías se construyó un HEATMAP para cada condición ambiental, el nivel de similaridad entre librerías del mismo cruzamiento o parental, presentaron cercanía (Figura 89).

Usando el programa EDGER se realizaron los análisis de expresión diferencial y se encontraron 9.959 genes diferencialmente expresados. En la Figura 90 se muestran los diagramas de Venny, en los cuales se identifican genes exclusivos para cada condición ambiental y cada parental.

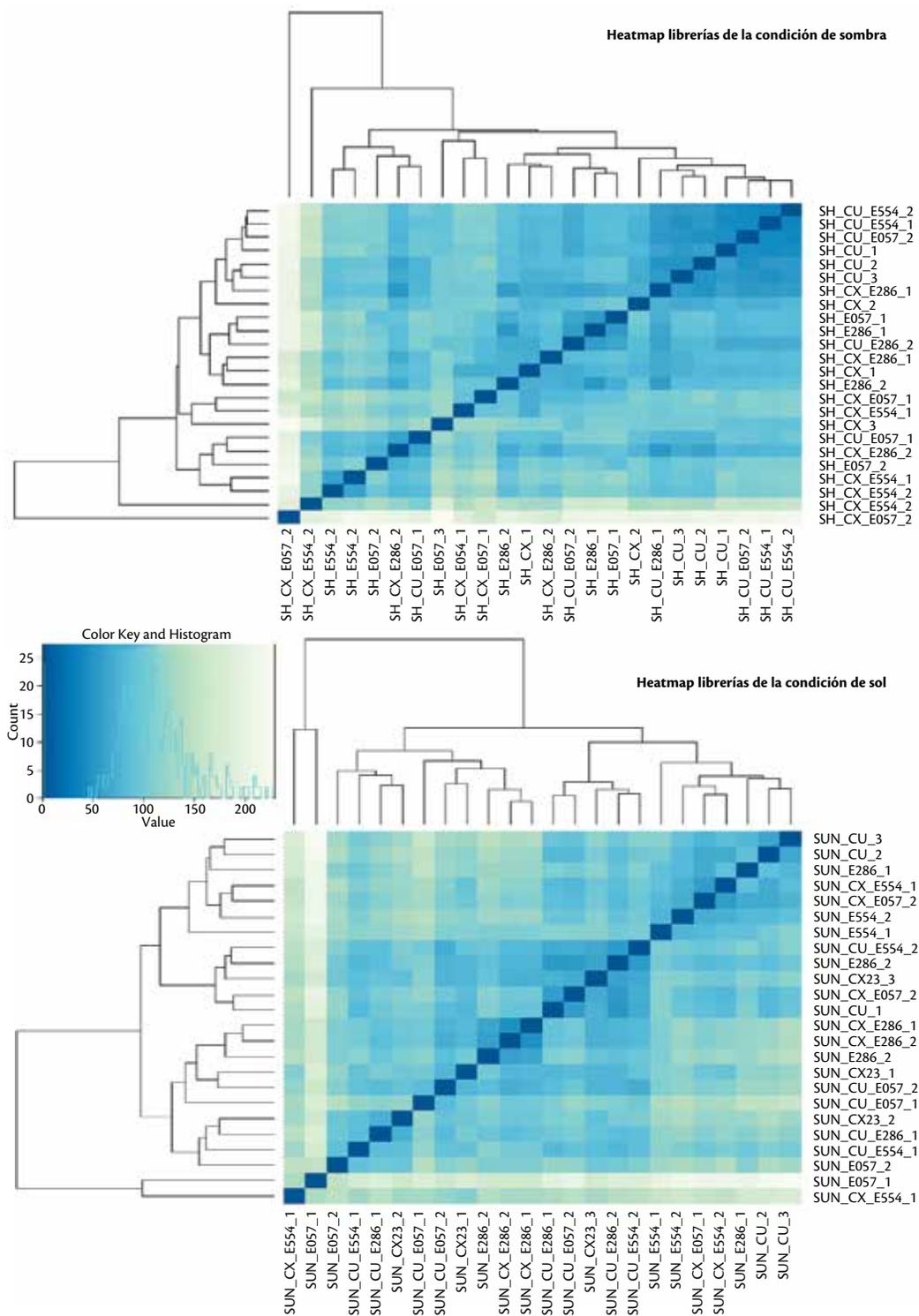


Figura 89. Calidad del RNA una vez finalizada la secuenciación.

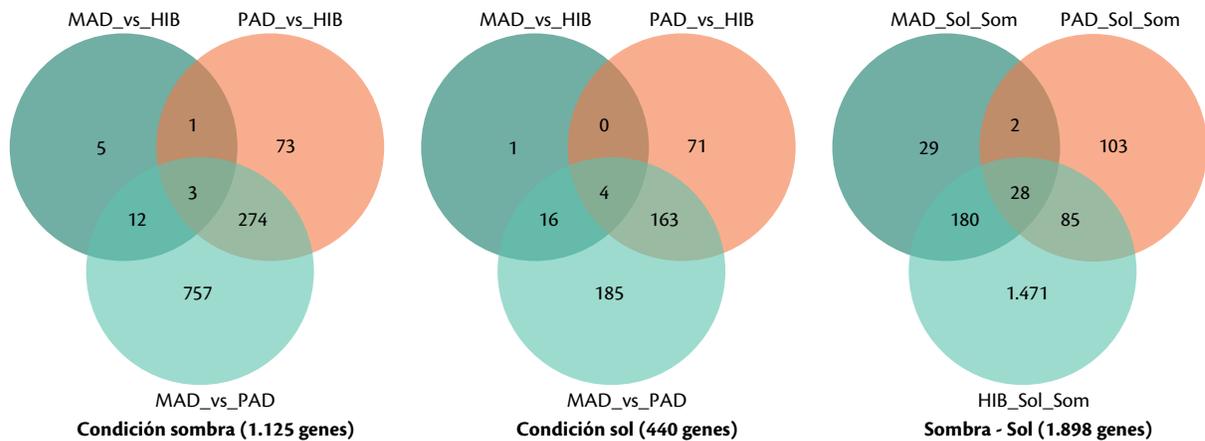


Figura 90. Diagramas de Venny con genes diferencialmente expresados.

Estudio de los factores limitantes para la obtención y utilización de plantas haploides en el mejoramiento del café en Colombia.

Determinación de la correspondencia entre el estado de desarrollo del botón floral y el desarrollo del polen en anteras de genotipos híbridos de *Coffea arabica*.

Los resultados de este estudio mostraron que la frecuencia de los diferentes estados de desarrollo de las microsporas varía significativamente según el tamaño (o categoría) del botón floral. Así, en las categorías 1, 2 y 3 (conteniendo anteras entre 0,41 y 0,70 cm) predominaron microsporas en estadios inmaduros, representados mayoritariamente por células madre (microsporocitos secundarios haploides) y algunas tétradas, producto de la división meiótica. El estado uninucleado temprano se observó en todas las categorías, pero con mayor presencia en la categoría 3, mientras que los estados uninucleado tardío y binucleado temprano, cruciales para el cambio ontogénico en el cultivo *in vitro* de microsporas, se encontraron entre la categoría 4 y 7 (con anteras entre 0,74 y 1,04 cm), con mayor frecuencia de uninucleado tardío en la categoría 5 y de binucleado temprano en la categoría 7. Los estados de binucleado tardío y grano de polen maduro se concentraron en mayor cantidad, después de la categoría 6.

Evaluación del efecto de agentes antimitóticos sobre el desarrollo de microsporas de polen en cultivo. Los resultados de los diferentes tratamientos con agentes antimitóticos (colchicina y la trifluralina), en los cuales se varió el tiempo de exposición (24 y 48

horas), mostraron su efecto sobre la viabilidad de las microsporas así como sobre el porcentaje de células agrandadas, esta última siendo un indicador de la posible respuesta androgénica. Para este análisis solo se consideraron los resultados de los ensayos II y V, debido a que presentaron los datos más completos y una pérdida mínima de unidades experimentales y/o repeticiones.

En los ensayos analizados se observaron diferentes cambios estructurales de las microsporas, los cuales se ilustran en la Figura 91. Algunas células no mostraron algún cambio en relación a su estado inicial, como recién aisladas de las anteras (Figura 91a), otras microsporas se deformaron (Figura 91d), mientras que otras presentaron apariencia globulosa, donde el citoplasma se contrajo mientras la pared celular se expandió a manera de globo (Figura 91c). También se encontraron microsporas que continúan con su curso ontogénico natural que las lleva a germinar (Figura 91e).

El conjunto de resultados mostró que al realizar una comparación entre los dos tiempos de exposición trabajados (24 y 48 h) ocurren porcentajes de viabilidad similares para los dos tiempos después de 28 días de cultivo, siendo los tratamientos T1 y T2 los de mejor respuesta, en cuanto al genotipo, Caturra presentó mayor porcentaje de viabilidad (34,3%) en el tratamiento T2 con 48 h de exposición, mientras que los híbridos exhibieron mayor porcentaje de viabilidad (31,1%) en el tratamiento T1 con 24 h de exposición. En cuanto a la variable porcentaje de células agrandadas, los tratamientos con tiempos de exposición de 48 horas, mostraron mayores resultados tanto en el genotipo Caturra (7,8%) como en los híbridos (2,0%), al igual que el porcentaje de viabilidad, los tratamientos

T1 y T2 fueron los de mayor respuesta, por tal motivo puede decirse que los tratamientos con agentes antimitóticos generan mayor respuesta con tiempos de exposición de 48 horas.

Evaluación de métodos de duplicación *in vitro* de tejidos haploides. De 18 genotipos dihaploides sembrados, 13 desarrollaron callo embriogénico. A la fecha se han obtenido 605 embriones de los genotipos DH8, DH11, DH13, DH15, DH18, DH21, DH24, DH25, DH27, DH32, DH37, DH39 y DH43, de los cuales ya se han regenerado 36 *in vitro* plántulas.

Como resultado de la siembra de embriones en medio W, aproximadamente el 7,8% de los embriones sembrados formaron plantas completas, lo cual es bastante bajo, en parte debido al efecto adverso de la Colchicina que induce altas frecuencias de deformidad y oxidación de los embriones en desarrollo.

Usando los métodos en medio con antimitótico y pre-tratamiento en solución con antimitótico, sólo se desarrollaron callos acuosos y compactos. No hubo presencia de callos friables con estructuras embriogénicas después de 6 meses de cultivo. Sumado a esto los explantes presentaron contaminación tanto al inicio como durante el cultivo.

Evaluación de métodos de duplicación *in vivo* de tejidos haploides. Los resultados del primer ensayo usando genotipos dihaploides mostraron que el 91,2% de las ramas tratadas presentaron formación de brotes. Así, de 136 ramas tratadas y evaluadas en todo el ensayo, 124 respondieron a la formación de brotes, 58 fueron tratadas con Colchicina y 66 con Trifluralina. En total se obtuvieron 141 brotes con Colchicina y 205 brotes con Trifluralina. Los brotes en los cuales se observaron diferencias en el tamaño y forma de las hojas fueron analizados respecto a la longitud, ancho de las hojas, así como a la densidad de estomas en las mismas.

Las hojas del genotipo DH36 en el tratamiento con Colchicina presentaron estomas un poco más grandes que las hojas control (hojas de ramas sin tratamiento), a su vez esto se ve reflejado en el número de estomas, pues las hojas procedentes de ramas tratadas tenían menor densidad estomática que las hojas control. Éste puede ser un primer indicio de la posible duplicación del tejido meristemático de los brotes. Existe la posibilidad que estos brotes no se hayan duplicado o por el contrario que los cambios generados por los antimitóticos no se logren detectar por esta técnica, por lo es conveniente realizar un análisis citogenético y realizar el conteo de los cromosomas, por esto las ramas deben ser enraizadas para continuar evaluando sus posibles cambios.

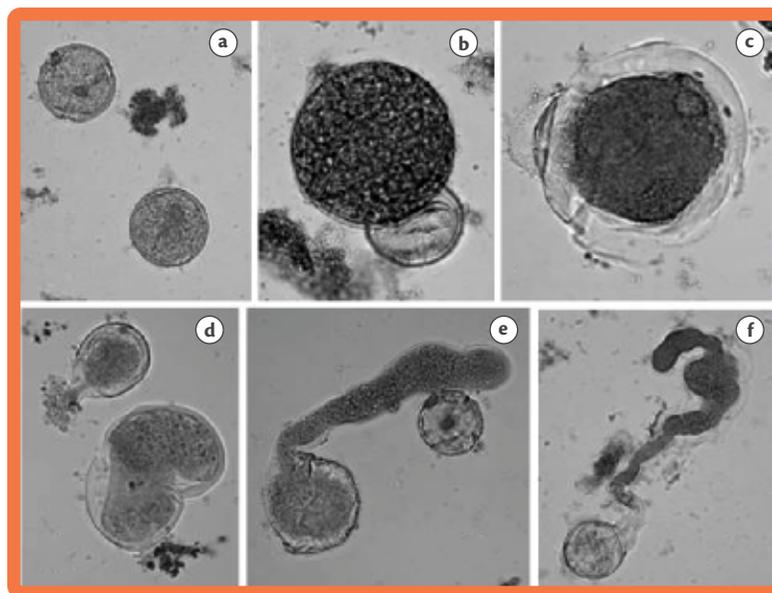


Figura 91. Principales cambios estructurales observados en las microsporas tratadas con agentes antimitóticos. a. Microsporas normales (recién aisladas o no inducidas); b. Células agrandadas; c. Células con forma globulosa y deformación de la pared celular; d. Células deformes; e, y f. Microspora germinada.

Selección por resistencia a la enfermedad de los frutos del café (*Colletotrichum kahawae*).

Pruebas efectuadas en el CIFC. Con el fin evaluar la resistencia a los aislamientos Kenia, Zimbabwe1, Zimbabwe2, y Camerún, se enviaron 112 genotipos en el año 2014 (Tabla 52). Los genotipos enviados corresponden a las accesiones silvestres de Etiopía y a plantas F2 de los cruzamientos entre Caturra x Híbrido de Timor de la población que se utilizará para la detección de regiones genómicas implicadas en la resistencia a la enfermedad.

En este informe se presentan los genotipos resistentes provenientes de resultados de las evaluaciones del

tercer envío del 2013, así como del primer envío del 2014. Como puede observarse en la Tabla 53, las pruebas se realizaron utilizando los aislamientos Camerún, Angola, Kenia y Zimbabwe.

Para el aislamiento de Camerún, 13 plantas de la población F2 de Caturra x Híbrido de Timor presentaron resistencia y 12 plantas presentaron resistencia al aislamiento de Zimbabwe. Casi todas las plantas evaluadas de esta población presentaron resistencia a los aislamientos de Kenia y Angola. De las nuevas accesiones etíopes evaluadas, una presentó resistencia a los aislamientos de Camerún, Zimbabwe y Kenia. Dos accesiones al aislamiento de Zimbabwe. Para el aislamiento de Kenia, las nueve accesiones presentaron resistencia.

Tabla 52. Lista de plantas enviadas a pruebas de CBD en el CIFC en Portugal en 2013.

Envío	Expto	Genotipo	Tto	Envío	Expto	Genotipo	Tto
1	MEG1601	E.506	1	2	MEG1602	E.542	27
1	MEG1601	E.413	4	2	MEG1602	E.543	28
1	MEG1601	E.35	3	2	MEG1602	E.544	29
1	MEG1601	E.420	5	2	MEG1601	E.312	38
1	MEG1601	E.44	6	2	MEG1601	E.316	39
1	MEG1601	E.46	7	2	MEG1601	E.319	40
1	MEG1601	E.47	8	2	MEG1601	E.53	41
1	MEG1601	E.48	9	2	MEG1601	E.54	43
1	MEG1601	E.282	10	2	MEG1601	E.55	44
1	MEG1601	E.520	11	2	MEG1601	E.56	45
1	MEG1601	E.621	12	2	MEG1601	E.57	46
1	MEG1601	E.125	13	2	MEG1601	E.58	47
1	MEG1601	E.295	14	2	MEG1601	E.60	48
1	MEG1601	E.296	15	2	MEG1601	E.69	49
1	MEG1601	E.299	16	2	MEG1601	E.497	50
1	MEG1601	E.323	17	3	MEG1601	E.178	36
1	MEG1601	E.324	18	3	MEG1602	E.268	20
1	MEG1601	E.411	19	3	MEG1602	E.081	17
1	MEG1601	E.412	20	3	MEG1602	E.546	30
1	MEG1601	E.474	21	3	MEG1602	E.548	31
1	MEG1601	E.475	22	3	MEG1602	E.551	32
1	MEG1601	E.479	23	3	MEG1602	E.554	33
1	MEG1601	E.484	25	3	MEG1602	E.087	34
1	MEG1601	E.486	26	3	MEG1602	E.089	35
1	MEG1601	E.491	27	3	MEG1602	E.134	36
1	MEG1601	E.526	28	3	MEG1602	E.139	37
1	MEG1601	E.527	29	3	MEG1602	E.148	38
1	MEG1601	E.533	30	3	MEG1602	E.149	39
1	MEG1601	E.537	31	3	MEG1602	E.152	40
1	MEG1601	E.538	32	3	MEG1602	E.155	41
1	MEG1601	E.540	33	3	MEG1602	E.158	42
1	MEG1601	E.541	34	3	MEG1602	E.328	43

Continúa...

...continuación

Envío	Expto	Genotipo	Tto	Envío	Expto	Genotipo	Tto
1	MEG1601	E.555	35	3	MEG1602	E.330	44
1	MEG1601	E.288	37	3	MEG1602	E.338	45
2	MEG1602	E.30	1	3	MEG1602	E.344	46
2	MEG1602	E.126	2	3	MEG1602	E.348	47
2	MEG1602	E.123b	3	3	MEG1602	E.264	48
2	MEG1602	E.129	4	3	MEG1602	E.478	49
2	MEG1602	E.130	5	3	MEG1602	E.487	50
2	MEG1602	E.131	6	3	MEG1406		31
2	MEG1602	E.132	7	3	MEG1406		33
2	MEG1602	E.404	8	3	MEG1406		47
2	MEG1602	E.406	9	3	MEG1406		79
2	MEG1602	E.407	10	3	MEG1406		135
2	MEG1602	E.417	11	3	MEG1406		159
2	MEG1602	E.420	12	3	MEG1406		160
2	MEG1602	E.468	13	3	MEG1406		161
2	MEG1602	E.470	14	3	MEG1406		163
2	MEG1602	E.473	15	3	MEG1406		166
2	MEG1602	E.124	16	3	MEG1406		179
2	MEG1602	E.477	18	3	MEG1406		209
2	MEG1602	E.490	19	3	MEG1406		214
2	MEG1602	E.270	21	3	MEG1406		248
2	MEG1602	E.183	22	3	MEG1406		250
2	MEG1602	E.379	23	3	MEG1406		263
2	MEG1602	E.387	24	3	MEG1406		268
2	MEG1602	E.281	25	3	MEG1406		276
2	MEG1602	E.285	26	3	MEG1406		278

Tabla 53. Genotipos con resistencia (R) a aislamientos de *Colletotrichum kahawae* enviados para pruebas en 2013 y 2014.

Progenitor	Planta	Ubicación	CA1	ANG	68Q2	Z12
MEG14.06	9	MEG.1406	X	X	X	
MEG14.06	32	MEG.1406	X	X		
MEG14.06	110	MEG.1406	X		X	
MEG14.06	113	MEG.1406		X		
MEG14.06	127	MEG.1406	X	X		
MEG14.06	129	MEG.1406	X		X	
MEG14.06	148	MEG.1406		X	X	
MEG14.06	154	MEG.1406		X	X	
MEG14.06	164	MEG.1406		X	X	X
MEG14.06	171	MEG.1406	X	X	X	
MEG14.06	191	MEG.1406		X	X	
MEG14.06	195	MEG.1406	X	X	X	X
MEG14.06	207	MEG.1406	X	X	X	
MEG14.06	215	MEG.1406		X	X	
MEG14.06	232	MEG.1406		X	X	
MEG14.06	258	MEG.1406		X	X	
MEG14.06	287	MEG.1406		X	X	
MEG14.06	288	MEG.1406	X	X		
MEG14.06	290	MEG.1406	X		X	X
MEG14.06	291	MEG.1406	X	X	X	X
MEG14.06	297	MEG.1406	X	X	X	
MEG14.06	298	MEG.1406		X	X	

Continúa...

...continuación

Progenitor	Planta	Ubicación	CA1	ANG	68Q2	Z12
MEG14.06	299	MEG.1406		X	X	X
MEG14.06	300	MEG.1406		X	X	
MEG14.06	302	MEG.1406		X	X	X
MEG14.06	303	MEG.1406		X	X	X
MEG14.06	304	MEG.1406		X		X
MEG14.06	305	MEG.1406		X	X	X
MEG14.06	306	MEG.1406		X	X	X
MEG14.06	307	MEG.1406		X	X	X
MEG14.06	308	MEG.1406		X	X	X
MEG14.06	309	MEG.1406	X	X	X	
MEG1601	E.47	MEG.1601			X	
MEG1601	E.412	MEG.1601			X	
MEG1601	E.474	MEG.1601			X	
MEG1601	E.491	MEG.1601			X	
MEG1601	E.537	MEG.1601			X	X
MEG1601	E.538	MEG.1601	X		X	X
MEG1601	E.541	MEG.1601			X	X
MEG1601	E.555	MEG.1601			X	
MEG1601	E.288	MEG.1601			X	

Experimentos en Naranjal. Se finalizó la evaluación por producción en cinco experimentos en los cuales se realizaba la evaluación agronómica de progenies F2, F3, F4 y F5 con posible resistencia a CBD, sembrados en octubre del 2008 en la Estación Central Naranjal.

Experimento 1. En la Figura 92 se observa el comportamiento de las progenies con respecto a los testigos Caturra y Variedad Castillo®. Se observa que las progenies son sobresalientes por su producción con respecto a los testigos. El análisis de varianza para producción en el experimento reflejó diferencias significativas entre progenies.

Al hacer la prueba de Dunnet, comparando la producción con los testigos Caturra y Variedad Castillo®, se encontraron las siguientes progenies con rendimientos superiores a ambas variedades: MEG03.09 #344, MEG03.09 #180, MEG03.09 #341, MEG03.09 #176, MEG03.09 #408, MEG03.09 #343, MEG03.09 #177, MEG03.09 #151, MEG03.09 #674, MEG03.09 #440, MEG03.09 #219, MEG03.09 #289, MEG03.09 #282.

La Figura 93 muestra el porcentaje de café supremo en las progenies del experimento 1. De acuerdo con el ANAVA, hubo diferencias significativas entre progenies.

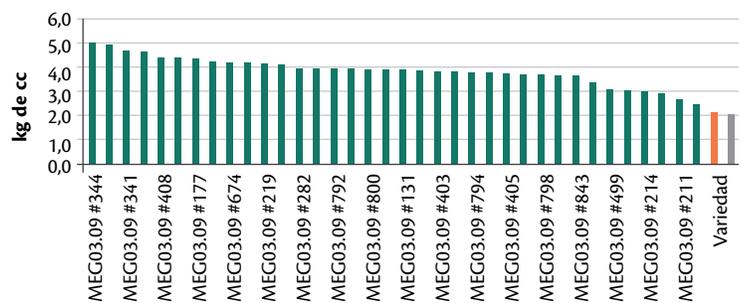


Figura 92. Producción de café cereza (kg) para las progenies del experimento 1 y los controles Caturra y Variedad Castillo®.

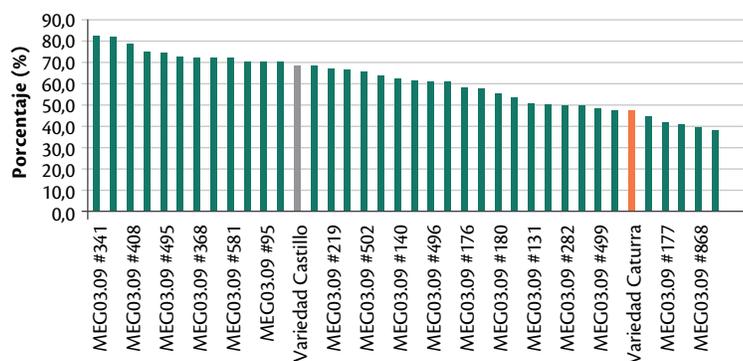


Figura 93. Porcentaje de café supremo para las progenies del experimento 1 y los controles Caturra y Variedad Castillo®.

La prueba de Dunnet mostró que las siguientes progenies tienen tamaño de grano semejante al de la Variedad Castillo®: MEG03.09 #341, MEG03.09 #344, MEG03.09 #408, MEG03.09 #403, MEG03.09 #495, MEG03.09 #405, MEG03.09 #368, MEG03.09 #343, MEG03.09 #581, MEG03.09 #440, MEG03.09 #95, MEG03.09 #674, MEG03.09 #794 MEG03.09 #219, MEG03.09 #494, MEG03.09 #502, MEG03.09 #214, MEG03.09 #140, MEG03.09 #178, MEG03.09 #496, MEG03.09 #151, MEG03.09 #176, MEG03.09 #843, MEG03.09 #180, MEG03.09 #798.

En la Figura 94 se presenta el comportamiento de las progenies con respecto a la roya. Se presenta el valor máximo obtenido con base en seis lecturas realizadas durante 4 años, con la escala de Eskes. Se observan progenies que presentaron resistencia y tuvieron un comportamiento semejante a la Variedad Castillo®.

Experimento 2. En las Figuras 95 y 96 se observa la producción de las progenies con respecto a los testigos Caturra y Variedad Castillo® para la producción y café supremo, respectivamente. En la ANAVA se verificaron diferencias altamente significativas entre progenies para ambas variables.

Al hacer la prueba de Dunnet comparando la producción con los testigos Caturra y Variedad Castillo®, se encontró que la progenie MEG03.09 #314 presenta una producción significativamente mayor a ambos testigos. Las progenies MEG03.09 #862, MEG03.09 #387, MEG03.09 #1020, MEG03.09 #630, MEG03.09 #31, MEG03.09 #81, MEG03.09 #656, presentaron producción significativamente superior a Caturra.

La prueba de Dunnet mostró que las siguientes progenies tienen tamaño de grano semejante al de la Variedad Castillo® y significativamente superior a la variedad Caturra. MEG03.09 #670, MEG03.09 #929, MEG03.09 #829, MEG03.09 #314, MEG03.09 #200, MEG03.09 #520, MEG03.09 #72, MEG03.09 #742, MEG03.09 #729, MEG03.09 #81, MEG03.09 #699, MEG03.09 #142, MEG03.09 #201, MEG03.09 #387, MEG03.09 #127, MEG03.09 #527, MEG03.09 #923.

En la Figura 97 se observa el comportamiento de las progenies con respecto a la roya. Se presenta el valor máximo obtenido con base en seis lecturas realizadas durante 4 años, con la escala de Eskes.

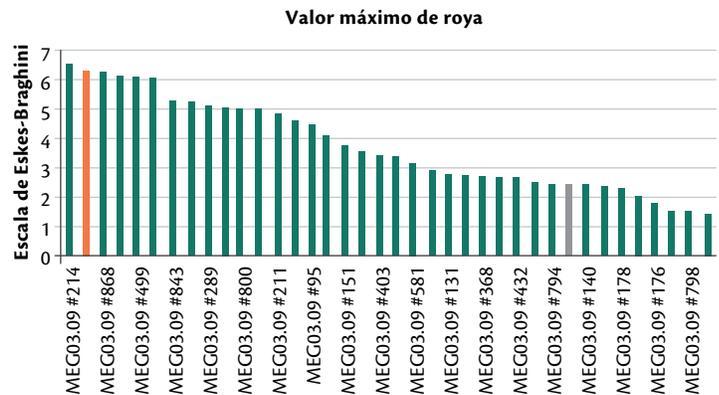


Figura 94. Valor máximo obtenido por cada una de las progenies con base en seis lecturas. Las progenies con valores menores a 3 son resistentes a la roya.

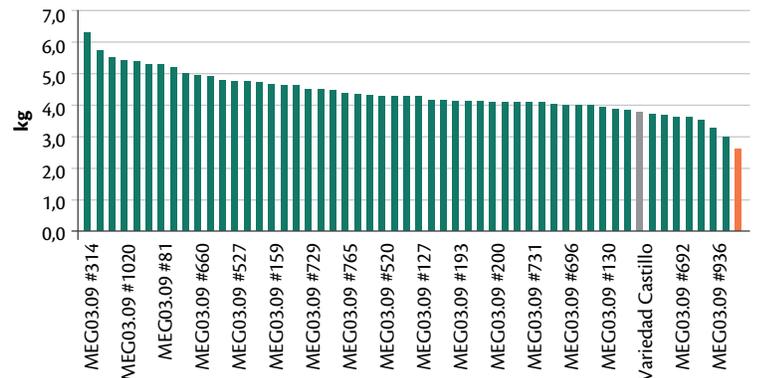


Figura 95. Producción de café cereza (kg) para las progenies del experimento 2 y los controles Caturra y Variedad Castillo®.

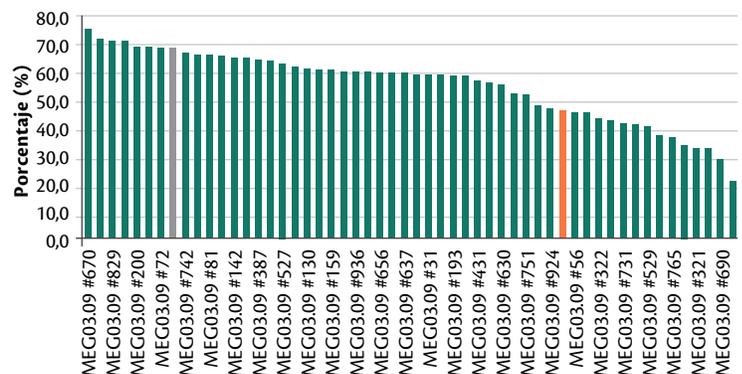


Figura 96. Porcentaje de café supremo para las progenies del experimento 2 y los controles Caturra y Variedad Castillo®.

Existen progenies que presentan resistencia y tienen un comportamiento semejante al de la Variedad Castillo®. Todas las progenies presentan valores inferiores a 6.

Para los Experimentos 3, 4, y 5, el análisis de varianza y la selección para pruebas regionales se realizó el año 2013 y las mejores progenies se sembraron en ensayos regionales. Las progenies seleccionadas con base en los resultados de las pruebas regionales conformarán una nueva variedad con resistencia a la roya y al CBD.

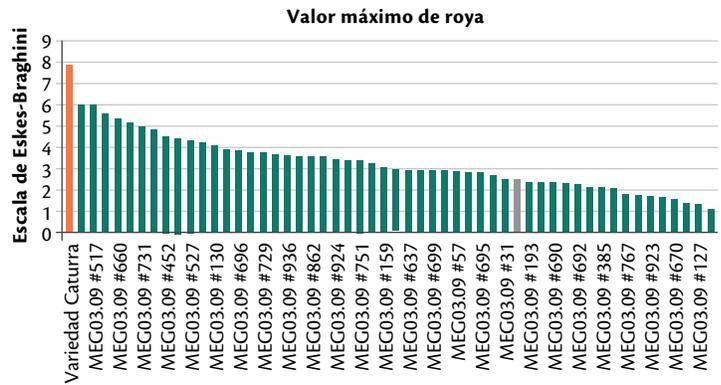


Figura 97. Valor máximo obtenido por cada una de las progenies con base en seis lecturas. Las progenies con valores menores a 3 son resistentes a la roya.

Construcción de un mapa genético en café y su utilización para la detección de QTL.

Con el mapa genético conteniendo 848 marcadores incluidos SNP, DaRT y SSR y en combinación con los datos fenotípicos obtenidos mediante evaluaciones realizadas en las progenies F3 sembradas en cinco diferentes ambientes, se continuó el análisis de QTL para otros caracteres agronómicos de interés para el mejoramiento genético de café, con el objetivo de reducir el tiempo en el proceso de selección y el costo de los experimentos en el campo.

de ligamiento 15 y tuvieron valores de LR de 22,4 y 30,4, respectivamente.

Se detectó un QTL para el contenido de lípidos en la Estación Central Naranjal, en el grupo de ligamiento 6, con un valor de LR de 19,5 (Figura 101).

En la Figura 98 se observa un QTL para diámetro del tallo, detectado en la población sembrada en la Estación Líbano en el grupo de ligamiento 8. El LR (umbral estadístico) para este QTL tuvo un valor de 22,1.

En las Figuras 102 y 103 pueden observarse los QTL detectados para la altura de la planta a los 24 meses, en las localidades El Rosario y Paraguaicito, respectivamente. El QTL en El Rosario se localiza en el grupo de ligamiento 4, mientras que el QTL en Paraguaicito se localiza en el grupo de ligamiento 1. Lo anterior indica que para la altura de la planta, a los 24 meses de edad, se presenta interacción QTL x ambiente.

Las Figuras 99 y 100 presentan QTL para parámetros que se evalúan cuando se hacen pruebas de calidad en taza como son: acidez y dulzor, que se presentaron en la Estación Líbano. Estos QTL se localizan en el grupo

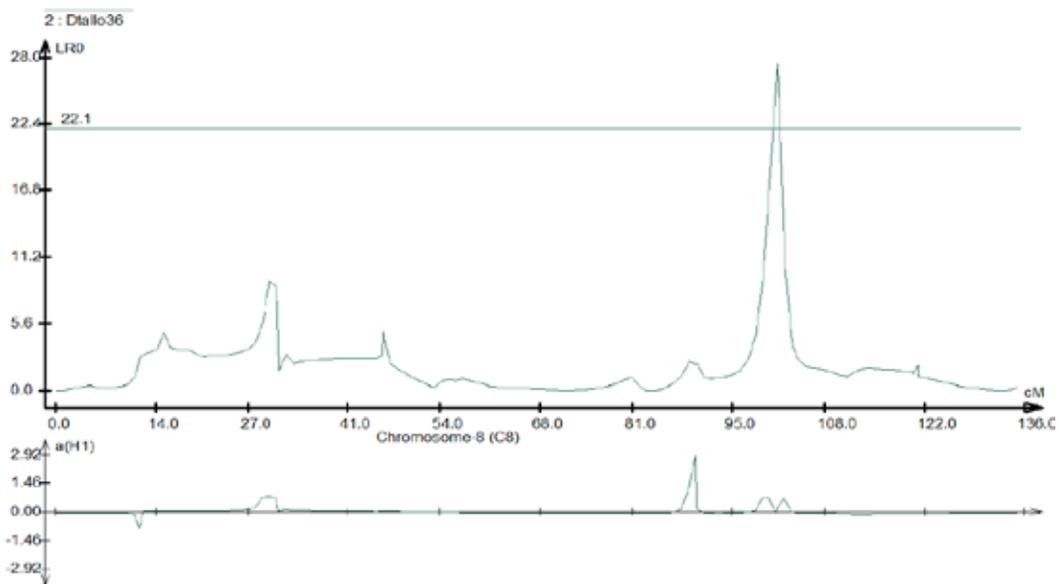


Figura 98. QTL para el diámetro del tallo detectado en la Estación Experimental Líbano.

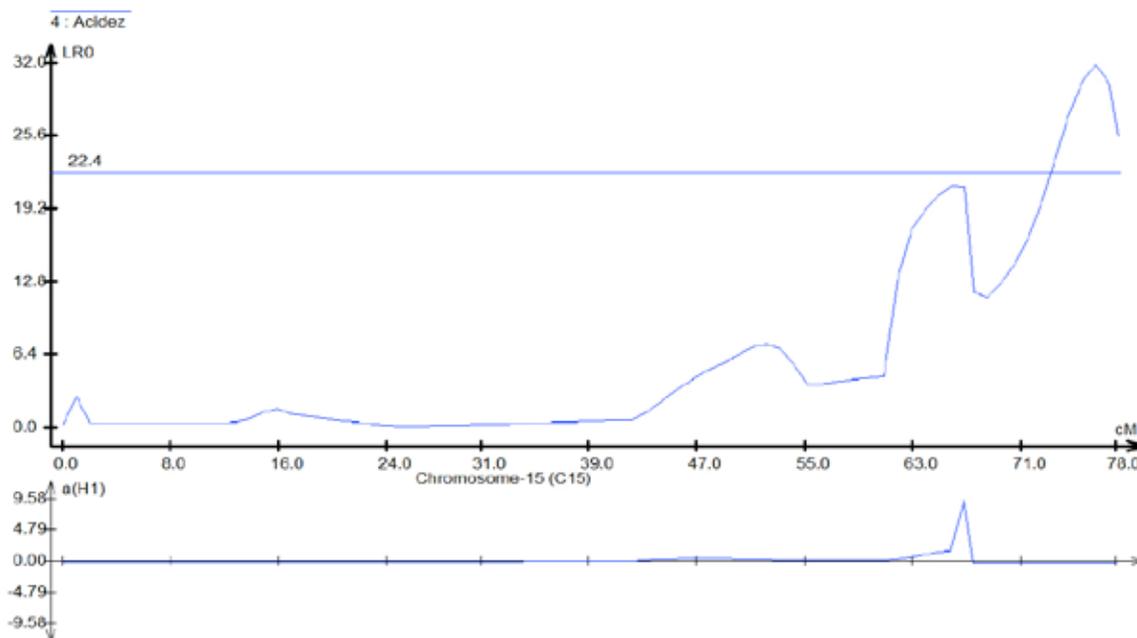


Figura 99. QTL para acidez de la bebida detectado en la Estación Experimental Líbano.

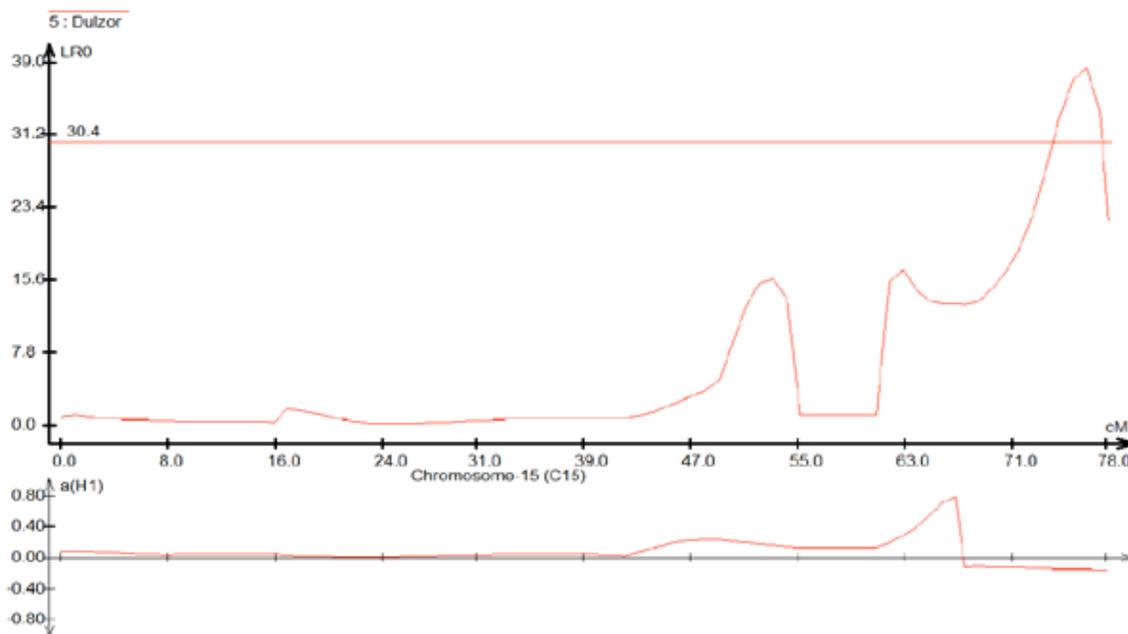


Figura 100. QTL para el dulzor de la bebida detectado en la Estación Experimental Líbano.

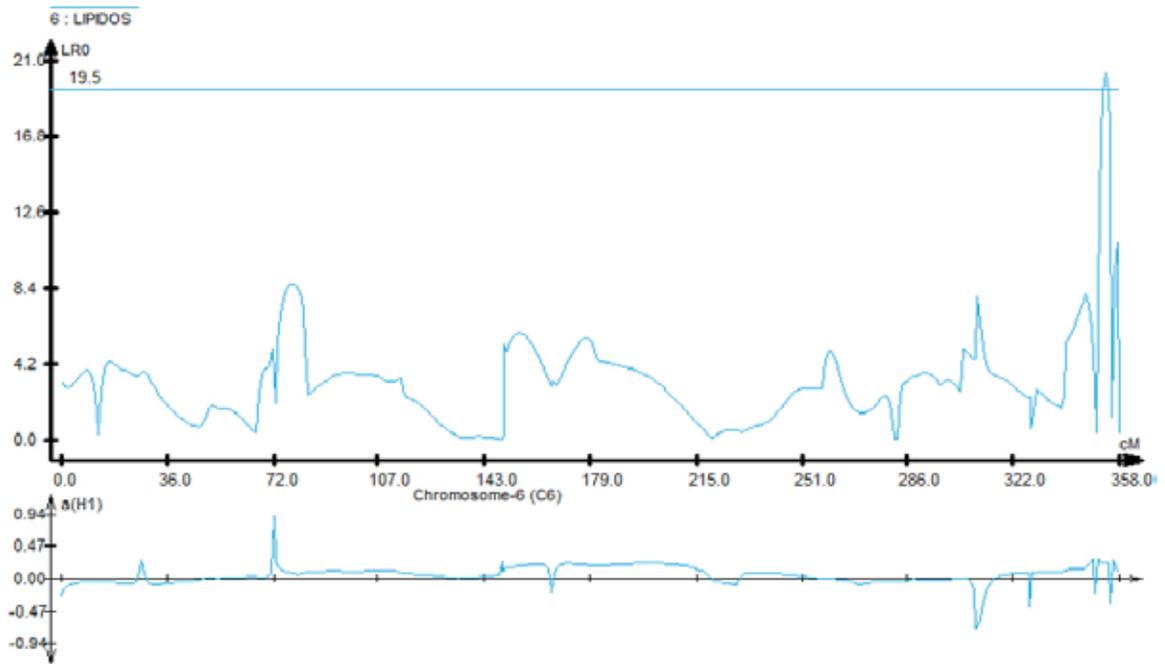


Figura 101. QTL para el contenido de lípidos detectado en la Estación Central Naranja.

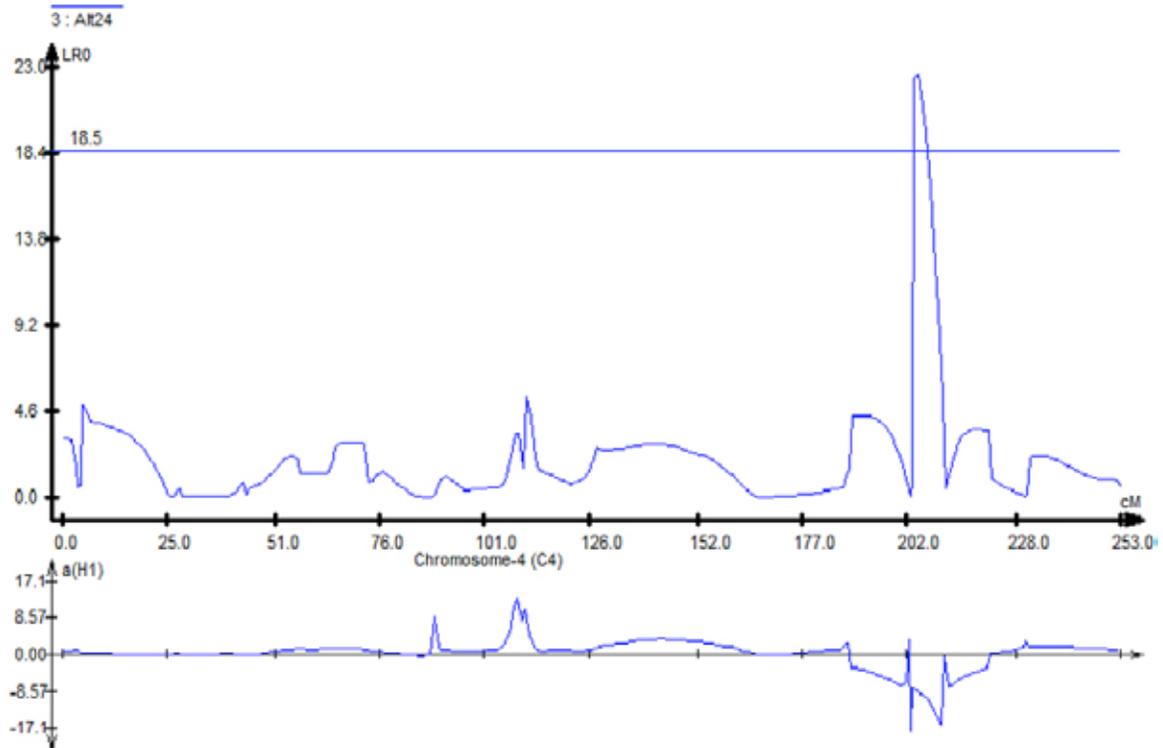


Figura 102. QTL para altura, a los 24 meses, detectado en la Estación Experimental El Rosario.

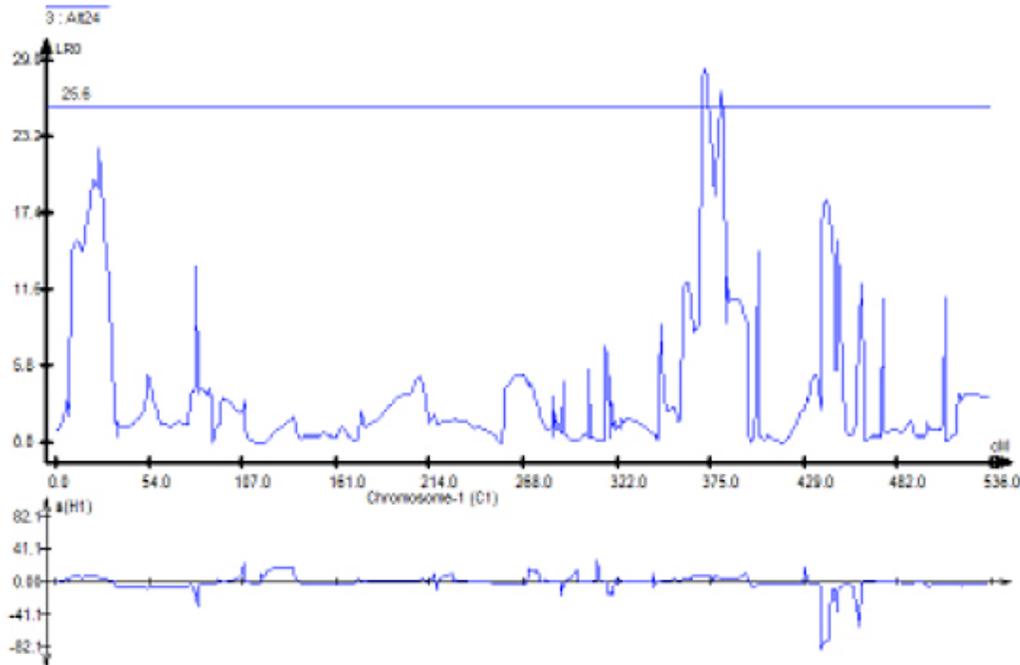


Figura 103. QTL para la altura a los 24 meses, detectado en la Estación Experimental Paraguaicito.

Dado que las correlaciones entre los datos fenotípicos, para cuatro de las cinco localidades, mostraron valores superiores al 95%, se realizarán los análisis de QTL con los promedios de los valores para cada característica y para cada una de las progenies, se compararán los resultados con los obtenidos hasta ahora.

Poblaciones F2 de cruzamientos entre Caturra y materiales etíopes con baja oviposición de broca para análisis DE QTL.

La broca es la principal plaga del café en Colombia. La utilización de variedades resistentes es un método ideal de control del insecto, pero para su desarrollo es necesario identificar fuentes de genes con esta característica. La búsqueda se realiza en la Colección Colombiana de Café tanto en introducciones silvestres de *C. arabica* (especie cultivada), como en especies del mismo género.

La identificación de dos introducciones de *C. arabica*, que reducen la oviposición de la broca en aproximadamente 20% (E-348 y E-554), permitió desarrollar un esquema de hibridación con la variedad Caturra (susceptible). Esto con el objetivo de producir poblaciones segregantes, que permitan la localización de regiones en el genoma, responsables de la baja oviposición. En principio, 17 progenies F1 de estos cruzamientos fueron evaluadas en el laboratorio (25°C, 70%HR), y en el campo, encontrando que el

promedio de individuos por grano, es intermedio al de su parentales. Ésta es una señal de que se presentan efectos aditivos en la reducción de la oviposición.

Pruebas regionales. El objetivo es seleccionar por su comportamiento agronómico y por su resistencia a roya, las mejores plantas de las mejores progenies provenientes selecciones en diferentes experimentos.

Genotipos:

Híbridos inter-específicos (F4) Resistencia a roya y alta producción.

Castillo x etíopes (F4): Estas progenies no tienen datos agronómicos.

Caturra x Híbrido de Timor (F4): Resistencia a roya, CBD, alta producción.

Localidades:

Se sembraron 17 experimentos en ocho localidades: El Rosario (2), Líbano (2), El Agrado (1), Cauca (4), Karihuaña (2), Gigante (2), Santander (2) y Naranjal (2).

Detalle de los experimentos sembrados:

- Experimento Quindío, El Agrado. Experimento: PPR0701_Agrado. Diseño: Lattice 8 x 8. Fecha de siembra: Octubre 11/2013. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m

- Experimentos Antioquia. Estación El Rosario. Experimento A: PPR0701_Rosario. Diseño: Lattice 8 x 8. Fecha de siembra: 15 y 16 de octubre. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento B: PPR0701_Rosario. Diseño: Lattice 7 x 6. Fecha de siembra: Diciembre 12 y 13 de 2013. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento A: PPR0701_Líbano. Diseño: Lattice 8 x 8. Fecha de siembra: Octubre 31 2013. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento B: PPR0701_Líbano. Diseño: Lattice 7 x 7. Fecha de siembra: Noviembre 20, 2013. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento A: PPR0701_Gigante64. Diseño: Lattice 8 x 8. Fecha de siembra: 29 noviembre. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento A: PPR0701_Gigante49. Diseño: Lattice 7 x 7. Fecha de siembra: 29 noviembre. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento A: PPR0701_Karipuaña 49. Diseño: Lattice 7 x 7. Fecha de siembra: Diciembre 2014. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento A: PPR0701_Karipuaña36. Diseño: Lattice 6 x 6. Fecha de siembra. Diciembre 2014. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimentos Cauca. Finca Los Naranjos. Experimento A: PPR0701. Diseño: Lattice 7 x 7. Fecha de siembra: Noviembre 20 2013. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento B: PPR0701. Diseño: Lattice 7x6. Fecha de siembra: diciembre 15 2013. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento C: PPR0701. Diseño: Lattice 7x6. Fecha de siembra: diciembre 15 2013. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento A: PPR0701_NaranjalA. Diseño: 6 x7. F. siembra: Diciembre 16 de 2013. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento B: PPR0701_NaranjalB. Diseño: 6 x 7. F. siembra: Diciembre 17 de 2013. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimentos Santander. Estación San Antonio. Florida Blanca. Experimento A: PPR0701_A. Diseño Lattice: 6 x7. Fecha de siembra: febrero 2014. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m
- Experimento B: PPR0701_B. Diseño: Lattice 6 x 7. Fecha de siembra: febrero 2014. Distancia de siembra: 1,4 x 1,0 m

Línea PPR0800

Protección del cultivo de limitantes potenciales de la producción

Biología y dinámica de poblaciones de organismos parásitos.

Roya del cafeto. Con el Servicio de Extensión se completó el cuarto año de la Evaluación Nacional de broca y roya. Para 2014, las mediciones indican que se estabilizó, por lo bajo, el nivel de infección de roya para todo el país, presentando los lotes de las variedades resistentes entre 2 y 7 años de edad valores no superiores a 1,3% en promedio, y los lotes de variedades susceptibles de la misma edad promedios no mayores de 19%. Las condiciones climáticas de año neutro y la disminución en la presencia de inóculo han sido los factores preponderantes en la reducción de la epidemia, a pesar de las altas producciones que se han obtenido en todo el país, que podrían condicionar una epidemia por la afinidad del hongo con este estado fenológico de la planta, y considerando que ha ocurrido una disminución del consumo de fungicidas para esta enfermedad con respecto a años inmediatamente anteriores.

Dinámica de nuevas razas de roya. Este año se ha continuado con el monitoreo de nuevas razas capaces de atacar a 203 genotipos derivados del cruce del Híbrido de Timor por Caturra, que exhiben segregación de los genes de resistencia y que se han ubicado en réplicas en las Estaciones Experimentales El Rosario, Paraguaicito, Líbano y La Catalina, y en La Granja en Cenicafé. La compilación de las evaluaciones realizadas desde 2007 hasta la fecha, utilizando la escala de Eskes-Braghini, y tomando el valor máximo de severidad para cada año, indican que para alguna época o lugar ya todos los genotipos han exhibido rompimiento de su resistencia completa (Figura 104). Sin embargo, no se aprecia la prevalencia de la enfermedad en alguno de los genotipos, ni a largo del tiempo en un mismo lugar, ni entre lugares, lo que indica la inestabilidad de las nuevas razas.

Evaluación de severidad de roya en Variedades Castillo® Regionales. Con las disciplinas de Experimentación y Fitopatología se realizó un trabajo interdisciplinario para determinar los niveles de severidad de la roya en los componentes de la

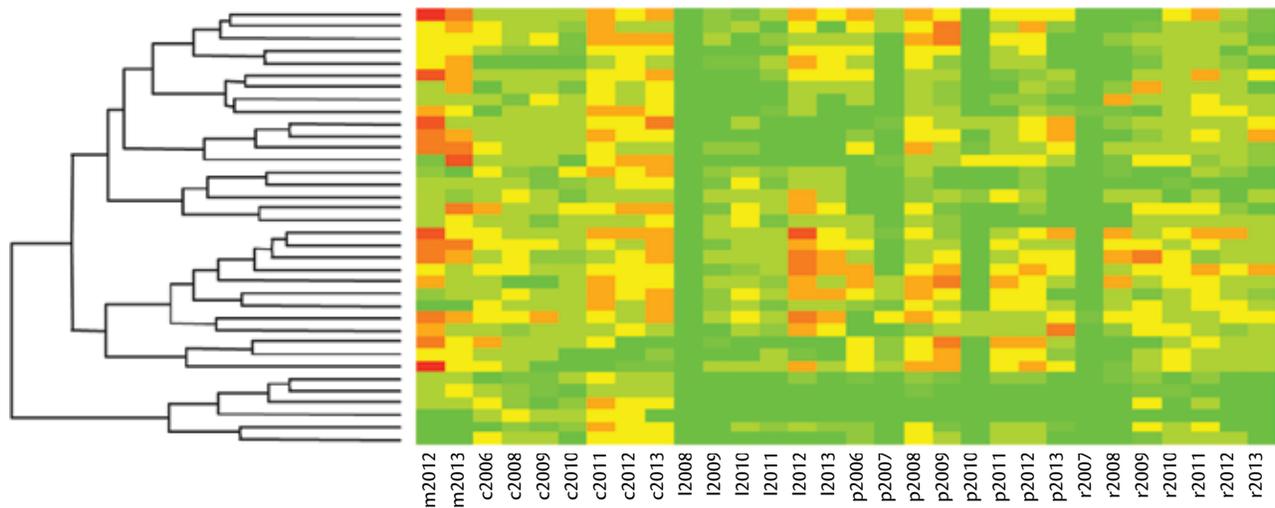


Figura 104. Agrupamiento de las mediciones de severidad de roya en genotipos derivados de Híbrido de Timor x Caturra presentes en las Estaciones Experimentales de La Catalina (c), Líbano (l), Paraguaicito (p) y El Rosario (r), y en La Granja (m), entre 2006 y 2013, utilizando el programa STEM. Verde corresponde a grado 0 según escala de Eskes-Braghini, y rojo a grado 9.

Variedad Castillo® y sus componentes regionales, en los lotes de producción de semilla. Se midió la severidad según la escala de Eskes-Braghini para todo el árbol, así como el nivel de infección en una rama de cada uno de los tres tercios del árbol, y en al menos diez árboles por línea. Para todos los genotipos se evidencia el desarrollo de nuevas razas compatibles, sin embargo en la gran mayoría de ellos los niveles

de roya observados al final de la epidemia son muy bajos y no ameritan la aplicación rutinaria de medidas de control adicionales, como lo puede ser el control químico. Por el contrario, varios componentes están confirmando la condición de resistencia incompleta o de tolerancia en estos materiales, al tener la enfermedad, pero sin diferencias estadísticas, en cuando al número de hojas cuando se comparan con genotipos con resistencia completa. Estos bajos niveles son aún más evidentes en lotes comerciales, donde espacialmente se encuentran mezclados los genotipos, y el movimiento de la roya entre los materiales compatibles es más complicado (Figura 105). Con el fin de mantener estos bajos niveles de enfermedad en los lotes comerciales es muy importante preservar la identidad genética de las variedades usando solamente semilla certificada de Cenicafé.

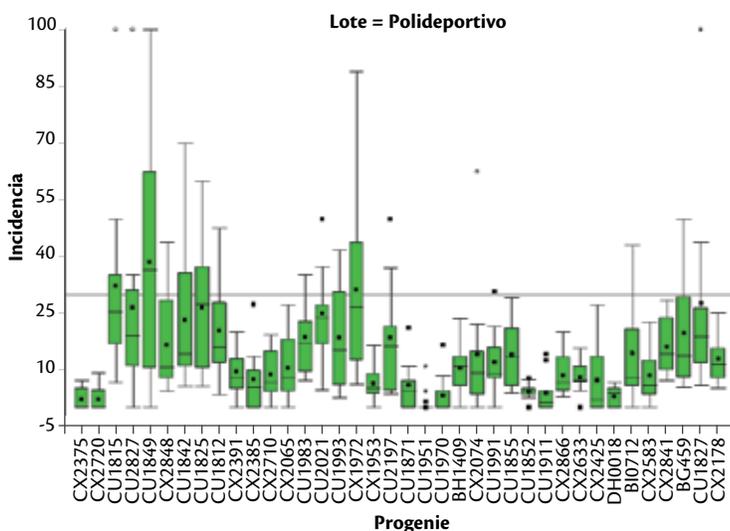


Figura 105. Niveles de infección de roya en plantas de 4 años de edad al inicio del segundo semestre de 2014 en el Lote Polideportivo de la Estación Central Naranjal. El promedio de infección para todo el lote fue de 9,09% a pesar de que algunos genotipos (CU1815, CU1849 y CU1972) mostraron porcentajes de infección mayores al 30%. Estos mismos genotipos presentaron valores menores en otros lotes de Naranjal y en lotes de otras Estaciones Experimentales, y no muestran diferencias en número total de hojas con los demás componentes.

en dos ensayos. En el primero, en tres localidades ubicadas en un gradiente altitudinal en la cuenca del río Risaralda (Caldas), en la vertiente oriental de la cordillera Occidental, municipios de Belalcázar (Finca Las Tangas, 1.555 m), San José (Finca El Paraíso, 1.747 m) y Anserma (Finca La Elva, 1.822 m). Adicionalmente, para comparación se realizaron lecturas de las variables período de incubación y de latencia en La Granja en Cenicafé (Manizales) a 1.430 m de altitud. Los resultados del primer ensayo para la medición de los períodos de incubación y de latencia indican que las plantas completaron el ciclo completo de la enfermedad a la sombra, pero al sol no se ha presentado el período de latencia. Las diferencias en los períodos de incubación y de latencia son bastante significativos entre localidades, confirmando que en las localidades a menor altitud el desarrollo de la roya es mucho más rápido (Figura 106).

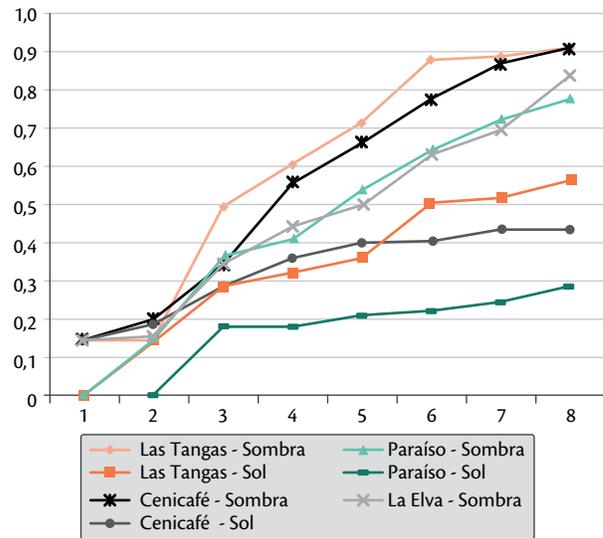


Figura 106. Índice de infección en plantas de almácigo variedad Caturra, ubicadas en el gradiente altitudinal de la cuenca del Río Risaralda, basado en la lectura de ocho gotas por hojas, en dos hojas por planta y diez plantas por condición (sol o sombra).

En el segundo ensayo, se están evaluando por tercer año consecutivo plantaciones de café de la variedad Caturra, situadas en tres localidades con condiciones ambientales diferentes (Concordia-Antioquia, 1.930 m; Belén de Umbría-Risaralda, 1.740 m; Filandia-Quindío, 1.563m), confirmando que la roya en la medida que las plantas tienen una alta carga productiva presenta múltiples secuencias en sus ciclos de infección, llegando a niveles de roya que son altos (60%) y que están impactando la producción de café. El seguimiento del hongo en ausencia de control ha presentado fases iniciales, exponenciales

y logarítmicas en el desarrollo de las epidemias en cada localidad, que han marcado diferencias de año a año, pero que siguen el modelo de una enfermedad policíclica con tasas de desarrollo mucho más relacionadas con las condiciones ambientales de cada localidad y, por ende, con el desarrollo fenológico del cultivo que por el efecto de la influencia altitudinal

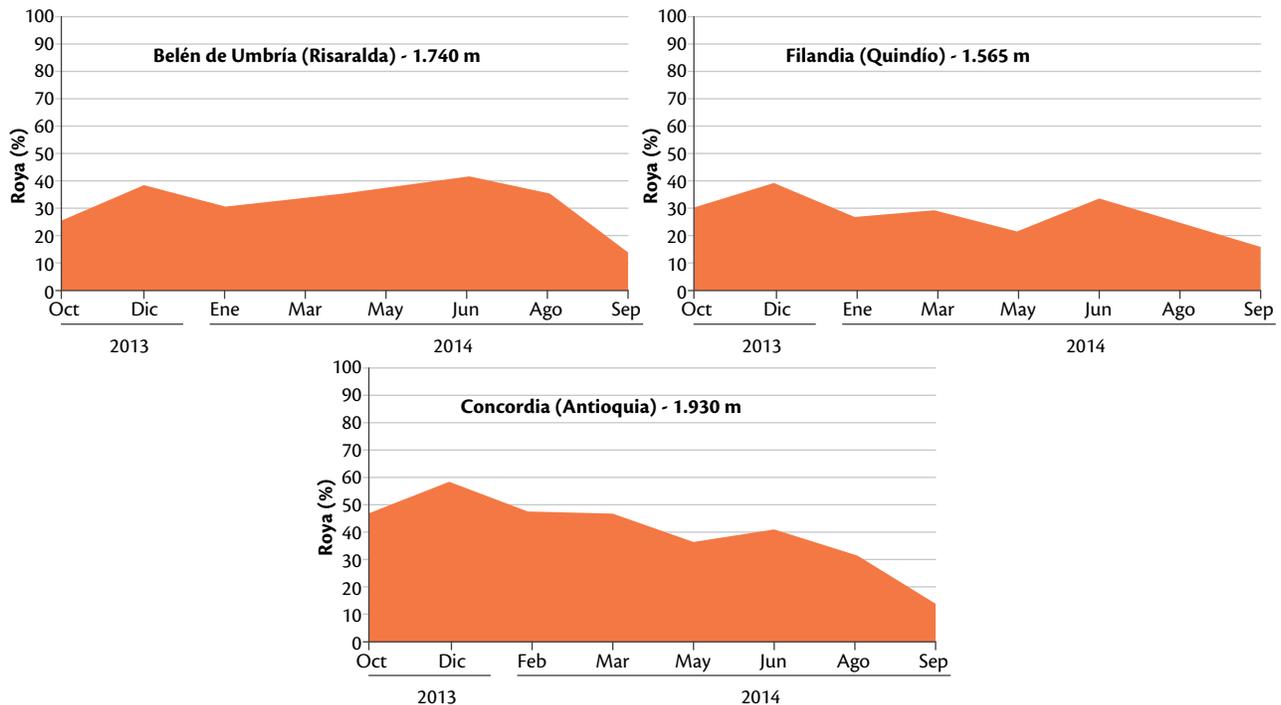


Figura 107. Curva epidemiológica de la roya en tres localidades por encima de los 1.500 m de altitud.

(Figura 107). Con este estudio se aprecia que la roya en Colombia evidentemente está afectando las hojas de las plantas de café que están situadas en rangos altitudinales hasta de 2.000 m, pero donde no se ve una alta asociación entre la altitud y la incidencia y severidad de la roya, resultado que deberá explicarse con la incorporación de las variables climáticas.

Avance en el desarrollo del Índice Compuesto de Infección de Roya (ICIR). Utilizando series de tiempo más largas (hasta 30 años) con los registros de varias estaciones de la Red Climática de la Federación de Cafeteros, se consideraron las variables climáticas diarias y su relación con su efecto en la biología del hongo *H. vastatrix*, agente causal de la roya del café. Se aprecia una alta variación en el ICIR al

interior de los meses anteriores y posteriores a las fases rápidas de incremento de la enfermedad, y una baja variabilidad en los meses correspondientes a las fases exponenciales de la epidemia. Para cada lugar analizado el índice presenta valores superiores a 0,5 cuando el patógeno encuentra condiciones adecuadas para su desarrollo, pero también marca históricamente los meses donde la epidemia decrece (Figura 108). También el índice contrasta zonas de alta incidencia con las de baja incidencia de roya. Finalmente, el ICIR muestra para cada sitio diferencias entre años de alta y baja presencia de la enfermedad. La integración de estos modelos a la Plataforma Agroclimática de Cenicafé permitirá generar alertas de manera diaria y regionalizada para todo el país.

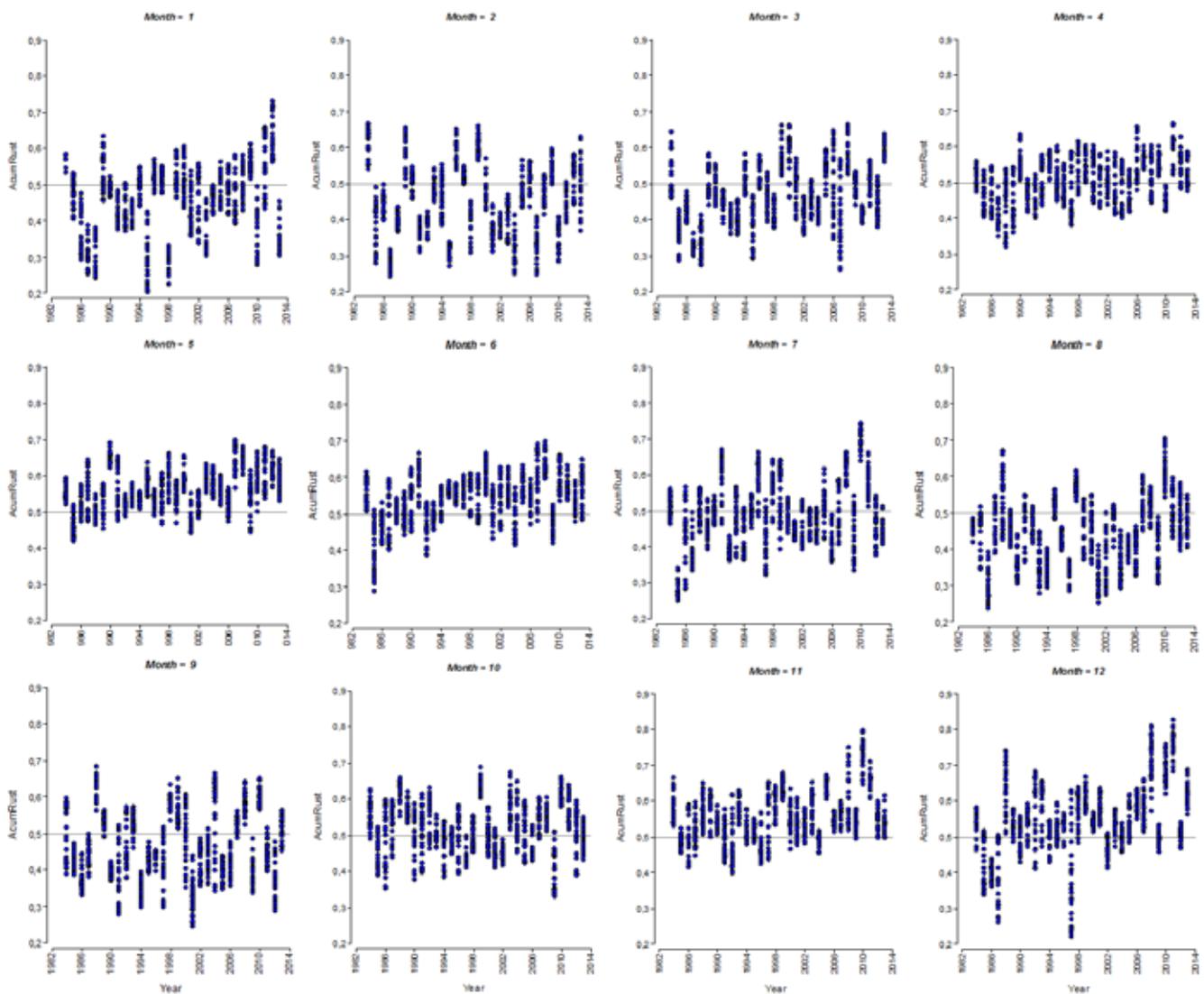


Figura 108. Comportamiento del Índice Compuesto de Incidencia de Roya (ICIR) para los doce meses del año en la Estación Experimental Naranjal, entre 1984 y 2013. Las condiciones históricamente más favorables corresponden a los meses de mayo y de noviembre, que igualmente son las que menos varían entre años.

Comportamiento de la muerte descendente.

Esta enfermedad causada por hongos de género *Phoma* spp. se ve favorecida en condiciones de mayor altitud, corrientes de aire frío y por aumento de la precipitación. Durante el año 2014, y en particular en el primer semestre, se presentaron condiciones climáticas en las tres localidades que no fueron propicias en lluvia y en temperatura para que se produjeran ataques severos de muerte descendente, mostrando un efecto sobre las plantas en el desarrollo de su tercera cosecha, que en algunas evaluaciones pareciera más de endemia que de epidemia, con daños en los cogollos y en las partes tiernas de las ramas primarias y secundarias, que no son severos y mucho menos que impacten la producción. Esta clase de enfermedades que son endémicas en muchas zonas cafeteras de Colombia prenden las alarmas y generan dificultades en períodos cortos de tiempo, pero al cambiar las condiciones ambientales vuelven a su condición de baja agresividad. En el año 2014, los niveles de *Phoma* spp. mostraron una tendencia de reducción de la misma por efecto de la aplicación con el fungicida pyraclostrobin (Figura 109).

Hospedantes alternos de escama y cochinillas.

En la búsqueda de las plantas hospedantes de la escama *Toumeyella coffeae* y de la cochinilla *Puto barberi* en agroecosistemas cafeteros de Norte de Santander, se procedió con la selección de 18 fincas cafeteras donde se trazaron cinco transectos y en cada transecto se evaluaron todas las arvenses para presentaban cochinillas. En las fincas evaluadas se registraron 6.880 plantas, pertenecientes a 22 familias, 39 géneros y 39 especies, de éstas, las de mayor dominancia fueron *Sida rombifolia* con un 27,6%, *Bidens holwayi* 16,7% y *Emilia sonchifolia* 13,6%, seguido a éstas se registraron algunas especies que no sobrepasaron el 10% como *Conyza bonariensis* con 8,9%, *Sperma assurgens* con 3,8% y *Talinum paniculatum* con 2,4% del total de las plantas. Con presencia de *Puto barberi* se registraron 20 especies, *Eirmocephala brachiata* fue la especie con el mayor porcentaje de plantas atacadas con un 30,1%, seguida de *Sida rombifolia*, *Conyza bonariensis*, *Amaranthus hybridus* y *Leonorus japonicus*, presentando porcentajes de 21,1%, 17,6%, 16,9% y 16,0%, respectivamente. La arvense *Eirmocephala brachiata* no se registró como una especie abundante en los

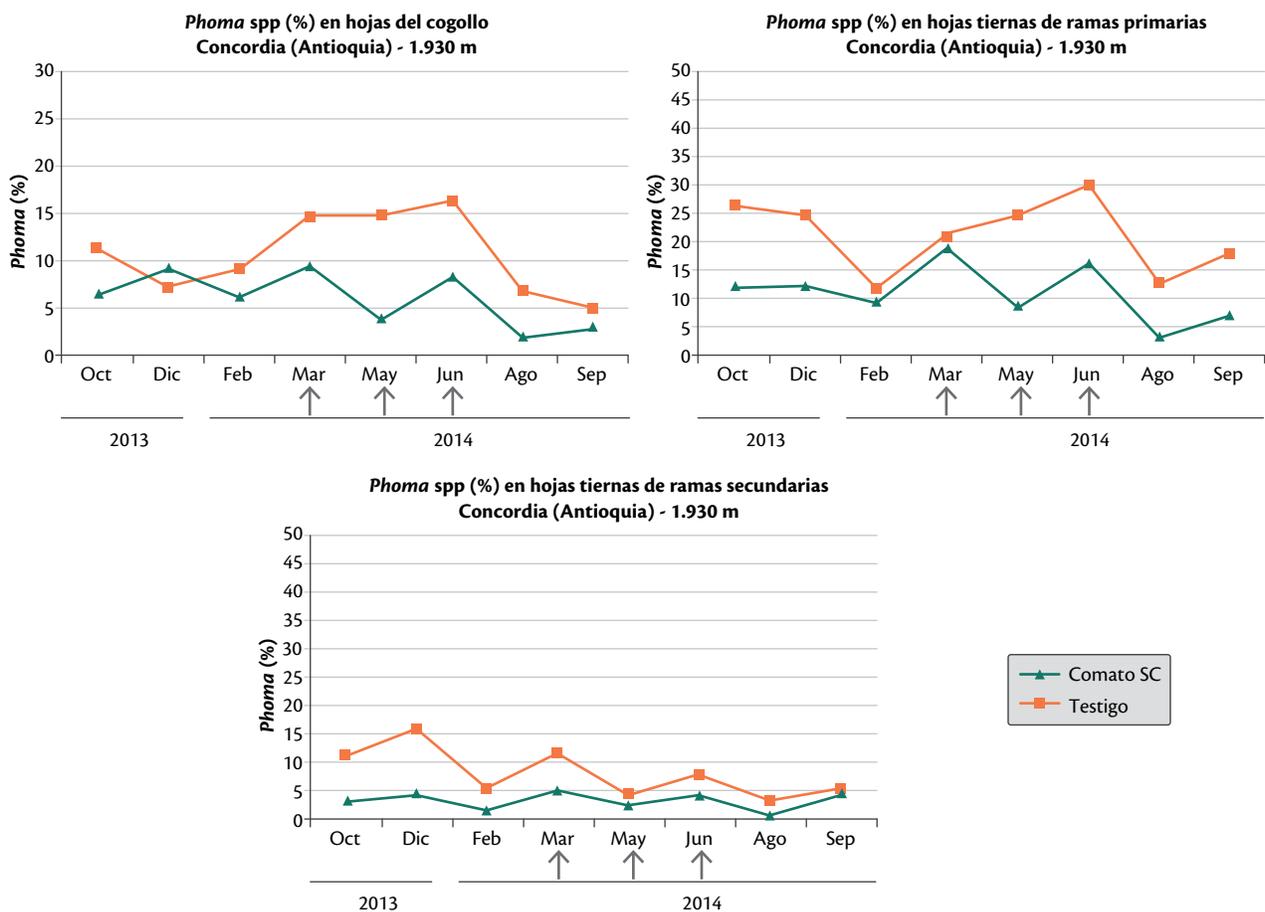


Figura 109. Comportamiento de la epidemia de muerte descendente (*Phoma* spp.) en tres estructuras de la planta, con y sin aplicaciones de la estrobilurina pyraclostrobin.

cultivos de café de Norte de Santander, sin embargo, el porcentaje de plantas atacadas por *P. barberi* fue el más alto con un 30,1%. Para la escama *Toumeyella coffeae*, se registraron ocho especies de arvenses, el mayor porcentaje de plantas con presencia de la escama se observó en las especies *Erato vulcanica* con 11,43%, *Leucaena leucocephala* con 11,11% y *Emilia sonchifolia* con 8,87%. Las arvenses donde se encontraron ambas especies de cochinillas fueron *Sida rhombifolia*, *Emilia sonchifolia*, *Talinum paniculatum* y *Bidens holwayi* (Figura 110).

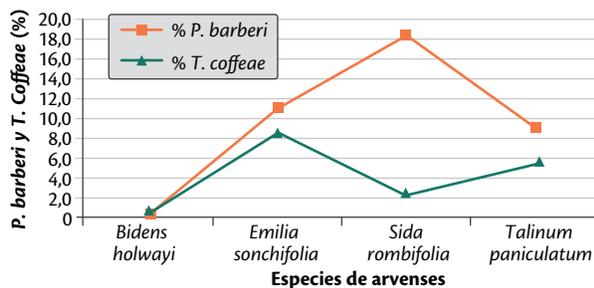


Figura 110. Arvenses que hospedan tanto a la cochinilla *Puto barberi* como a la escama *Toumeyella coffeae*.

Diversidad de flora y fauna de la zona cafetera e identificación de enemigos naturales.

Colección y preservación de organismos de control biológico. En la Colección de Microorganismos Cenicafé se actualizó la información de la colección ante el Registro Único Nacional de Colecciones biológicas (RUC), contándose con un cepario con 220 aislamientos, en el que se han preservado: hongos asociados a insectos plagas, preservados en tres métodos de almacenamiento (nitrógeno líquido, glicerol-20°C y almacenamiento en PDA con aceite mineral) y -hongos causantes de enfermedades de café y otros cultivos de la zona cafetera. Se han mantenido 120 cepas preservadas de *B. bassiana*, 26 cepas de *Metarhizium*, 5 de *Verticillium* sp, 6 de *Lecanicillium* sp, 6 de *Trichoderma* sp. 20 de *Paecilomyces* sp, 26 de *Colletotrichum* y 10 otros hongos. Durante este año se continuó con el mantenimiento y preservación de las cepas de *B. bassiana*; éstas han mantenido su alta viabilidad (85% de germinación) luego de 45 meses de almacenamiento, mientras que en *Metarhizium* se ha observado disminución de la germinación (45%). Se evaluaron también cepas de hongos causantes de enfermedades, como *Colletotrichum* almacenados por

30 meses en agua estéril y glicerol. Los aislamientos en agua sobrevivieron con germinaciones en promedio de 75%. Se continuó evaluando cuál de los tres métodos es el más apropiado para el mantenimiento de éstas. Este año se sembraron y se evaluó la viabilidad de 38 cepas de *Beauveria bassiana* almacenadas en el año 2010. Todas las cepas luego de 42 a 45 meses de preservación, mantuvieron viabilidad y la germinación de esporas con valores superiores al 85% en los tres métodos. Además, se evaluaron 13 aislamientos de *Metarhizium*, preservadas por cerca de 45 meses en los tres métodos. En *M. anisopliae* se sigue observando disminución de la viabilidad; luego de 30 meses la viabilidad era de 65% y a los 45 meses, ésta disminuyó a 45%. Existe consistencia en el comportamiento de la cepa en los tres métodos. Hasta el momento los tres métodos se comportan de manera similar.

Con respecto a los aislamientos de patógenos, se sembraron 26 aislamientos de *Colletotrichum*, después de alrededor de 30 meses de almacenamiento. Éstos se han mantenido en agua estéril a 4°C y glicerol a -20°C. Los aislamientos de glicerol no se recuperaron, pero todos los de agua sobrevivieron y se han observado en promedio germinaciones de 77%, y se están preservando nuevamente en este método y en nitrógeno líquido.

Por su parte, en la Colección Entomológica de Cenicafé se actualizó el registro de la en la nueva plataforma del Registro Único Nacional de Colecciones Biológicas (RNC) ante el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Se cuenta hasta la fecha con 30.332 ejemplares de insectos plaga y benéficos de la zona cafetera registrados en 20.263 números de catálogos, etiquetados con su respectivo código MEMB en una base de datos administrada mediante el programa Specify 2.2. De 432 nuevos registros sistematizados, se cuenta con muestras de 787 parasitoides del minador de la hoja del café *Leucoptera coffeellum* provenientes de 60 distritos cafeteros del departamento de Antioquia, constituida por las especies *Closterocerus coffeellae*, *C. lividus*, *Zagrammosoma multilineatum*, *Pnigalio sarasolai*, *Horismenus* sp.1., *Horismenus* sp. nov., y *Apleurotropis* sp. nov, estas dos últimas nuevas especies para la ciencia y nuevos registros para Colombia, las cuales se encuentran en proceso de estudio taxonómico (Figura 111). Este material fue identificado por el especialista en la familia Eulophidae, el doctor Christer Hansson del Museo de Entomología de la Universidad de Lund, en Suecia. Igualmente, dos nuevos registros para Colombia de dos especies del género *Omicron* sp. (Hymenoptera: Vespidae) depredadores de larvas de minador de la hoja del cafeto en Antioquia, identificadas por el doctor James Carpenter del Museo

Americano de Historia Natural en Estados Unidos. Se introdujeron al Museo Entomológico de Cenicafe muestras de 60 individuos de cochinillas de la raíz del café (*Pseudococcidae*). Adicionalmente se depositó material tipo del barrenador del tallo y la raíz del café *Plagiohammus colombiensis*, Constantino, Benavides & Esteban, 2014 compuesto por el holotipo, alotipo y siete paratipos. Esta nueva especie quedó indexada en Thomson Reuters Zoological records, Bioss citation index, ION index to organism names, BioLib, LSID Life Sciences Identifier, Wikispecies, Wikinsecta, Bios previews, Digital Commons- Universidad de Nebraska, el Centro de Sistemática Entomológica en Gainesville, Florida, Estados Unidos y en la plataforma Titan del IRD- Instituto de Investigación para el Desarrollo en Francia. Dentro de convenios y préstamos de material entomológico para estudio taxonómico se cedieron en canje 15 individuos del suborden Symphita (Hymenoptera) al doctor Francisco Serna, director del Museo Entomológico de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional en Bogotá para revisión taxonómica. Igualmente muestras de la escama de la raíz del café *Toumeyella* sp. (Hemiptera: Coccidae) y cochinillas (*Pseudococcidae*) de la raíz del café para identificación taxonómica con la doctora Andrea Amalia Ramos del ICA.

Enemigos naturales de las cochinillas del café.

El diagnóstico se realizó en el Valle del Cauca, en 86 fincas con lotes menores a 2 años de edad, seleccionadas aleatoriamente en el Sistema de Información Cafetera (SIC@), el muestreo fue no destructivo siguiendo un protocolo para la recolección de las muestras; posteriormente en el laboratorio se realizó la identificación de los individuos de cochinillas que presentaron en su interior larvas o pupas de posibles parasitoides. Adultos vivos de

P. barberi, recolectados en la finca los Mangos, se depositaron en cámaras de cría para la emergencia de parasitoides. En cinco fincas de las 86 evaluadas se encontraron individuos del género *Puto* parasitados por cuatro especies de Hymenoptera de la familia Encyrtidae, de éstas dos especies pertenecen a los géneros *Hambletonia* y *Aenasius* cercano a *bolowi* (Figura 112). La finca Los Mangos, vereda Cascajeros, Municipio de Tuluá, fue donde se encontró el mayor número de individuos de cochinillas parasitados (diez). En esta finca el control químico para el manejo de problemas fitosanitarios es racional, además se realiza manejo integrado de arvenses y el cultivo de café está asociado con yuca, hospedante de varias especies de cochinillas del género *Puto*. Éste es el primer hallazgo a nivel nacional de parasitoides de este género de cochinillas de la raíz del café.

Monitoreo de limitantes biológicos.

Plagas del cafeto. Se atendieron consultas de parte del Servicio de Extensión de Magdalena y Cesar para identificación de muestras entomológicas del pasador de las ramas del cafeto *Xylosandrus morigerus* en la Sierra Nevada de Santa Marta, presencia de *Poekilloptera phalaenoides* (Hemiptera: Flatidae) en ramas de café en la Serranía de Perijá, ataques de la babosa *Colosius pulcher* en ramas y frutos de café en el Municipio de Salento (Quindío) y ataques importantes del defoliador del guamo *Halysidota* sp. (Lepidoptera: Arctiidae) en cafetales con sombrío en el municipio de Alpujarra (Tolima), a partir de muestras de larvas remitidas a Cenicafe para identificación, las cuales estaban parasitadas hasta en un 90% por moscas de la familia Tachinidae.



Figura 111. Nuevos depredadores parasitoides del minador de la hoja del café identificados en Colombia. De derecha a izquierda: *Horismenus* sp. nov., *Apleurotropis* sp. nov. y *Omicron* sp.



Figura 112. Adultos de los parasitoides que emergieron de *Puto barberi* presente en la finca Los Mangos, vereda Cascajeros, municipio Tuluá. a. Hembra de *Aenasius cer. a bolowi* y b. Hembra de *Hambletonia* sp.

Enfermedades del cafeto. Se reportó por parte del Servicio de Extensión un problema de secamiento de botones florales en Paicol (Huila). Los síntomas se presentaron en los botones o cojines florales de las plantas durante los estados de latencia y preantesis. Cuando los necrosamientos y las deformaciones son severas, debido a la muerte celular en el cojín floral, se observaron en algunos casos, estructuras características de ataques por parte de antracnosis (*Colletotrichum* spp.). En la visita de campo se encontró que la zona tiene una fuerte influencia de vientos fríos gran parte del día, dada la topografía de la cuenca hidrográfica, sin ocurrencia de déficit de agua. Estos síntomas aun no pueden ser atribuidos al patógeno como la causa del problema por ser una sintomatología en su mayoría de origen secundaria. Se realizaron las recomendaciones para tratar de identificar y controlar este problema.

Línea PPR0900

Desarrollo de procesos para agregar valor a la calidad de café a los subproductos y al aseguramiento de la calidad

Estudios de denominación de origen del café de Colombia. Se desarrollaron actividades de muestreo e inicio del documento técnico que soporta la solicitud de Denominación de Origen (DO) para el Café de Tolima, entendida como la zona geográfica delimitada por los municipios de: Alpujarra, Alvarado, Anzoátegui, Armero-Guayabal, Ataco, Cajamarca, Casabianca, Chaparral, Coyaima, Cunday, Dolores, Falan, Fresno,

Herveo, Ibagué, Icononzo, Lérica, Líbano, Mariquita, Melgar, Murillo, Natagaima, Ortega, Palocabildo, Planadas, Prado, Purificación, Rioblanco, Roncesvalles, Rovira, San Antonio, San Luis, Santa Isabel, Suárez, Valle De San Juan, Venadillo, Villahermosa y Villarrica, donde los cafés que se producen en el departamento del Tolima, en términos de compuestos químicos son los típicos de la especie *Coffea arabica* cultivada en el país, el perfil sensorial es limpio, suave, con un balance entre los atributos de fragancia, sabor, cuerpo y acidez; adicionalmente, son característicos de su perfil las notas frutales, cítricas herbales y sabor a panela, independiente del ecotopo cafetero, del rango altitudinal y tipo de beneficio.

Se inició la construcción del documento técnico que soporta la DO Café de La Sierra, basada en la información recolectada entre los años 2007, 2009 y 2010 en los departamentos de Norte de Santander, Cesar, La Guajira y Magdalena; dicho documento técnico, está siendo revisado con la oficina de Propiedad Intelectual de la Gerencia de Comunicaciones y Mercadeo de la FNC.

Se elaboró el documento técnico que soportó la solicitud de Denominación de Origen (DO) para el Café de Santander, basada en la información recolectada entre los años 2008, 2009 y 2010 en el departamento, en el marco de los proyectos financiados por la FNC y el Banco Interamericano de Desarrollo, por intermedio de Fondo Multilateral de Inversiones (BID-FOMIN). Dicho documento técnico, fue revisado y evaluado por la oficina de Propiedad Intelectual de la Gerencia de Comunicaciones y Mercadeo de la FNC, de modo que permitió ser utilizado en la estructuración de la solicitud de Denominación de Origen ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), durante esta vigencia

se obtuvo el reconocimiento por parte de la SIC de la Denominación de Origen Café de Santander, mediante resolución 50042 del 25 de agosto de 2014.

Desarrollo de procesos en el beneficio, fermentación y preparación para agregar valor a la calidad del café.

Se identificó como problema principal de los fermentos y vinagres en la taza, la falta de controles en el beneficio, en particular en las fermentaciones donde el café se deja drenando en la noche sin control, mezclas de café despulpado de varios días, mal manejo del café húmedo, mal lavado y uso de aguas recirculadas y sucias para el lavado del café. Se estudió el efecto de factores en la fermentación del café, como la temperatura y el sistema de fermentación y se dejaron constantes otros factores, como la variedad, el origen, la calidad del agua y las buenas prácticas de secado y tostación.

Se desarrollaron 30 fermentaciones controladas a escala de laboratorio, en unidades de 15 kg de café, a temperaturas de 15°C en sistemas abiertos y cerrados, sumergidos y sólidos, por tiempos de 14, 18, 24, 28, 42 y 48 horas. Se hicieron mediciones de peso, pH, °Brix y se tomaron muestras para análisis de acidez, ácidos, volátiles y azúcares. Se hicieron evaluaciones sensoriales mediante la escala descriptiva cuantitativa de Cenicafé y se determinó la frecuencia de sabores especiales y de defectos. El análisis estadístico de todos los bloques de fermentación mostró que los mejores sistemas para la fermentación del café son abiertos.

A escala piloto se desarrollaron seis fermentaciones controladas en unidades de 200 kg de café baba, a temperatura ambiente promedio de 24°C, en sistemas abiertos, sumergidos y sólidos por tiempos de 18, 21 y 24 horas, también se desarrollaron seis procesos de desmucilaginado con posterior inmersión en tanque, con y sin agua, “soaking” por 18 horas y lavado posterior en dos enjuagues. Además, se realizaron dos procesos “descascado”, café despulpado y secado con mucílago “honey”. El lavado se realizó en tanque y el secado en secador mecánico con combustible cisco, 14 muestras. Estas muestras presentaron buena calidad y sabores especiales a chocolate, dulce, frutal y caramelo.

Se concluyó que para lograr buena calidad del café procesado por fermentaciones sólidas se recomienda, para fermentaciones abiertas, fijar un tiempo entre 14 y 18 h, a temperatura entre 20 y 23°C y de 14 a 24 horas a temperaturas entre 13 y 17°C. Para fermentaciones sumergidas, a temperatura entre 20 y 23°C, fijar un tiempo entre 18 y 30 horas y para temperaturas de 13 a 17°C, se puede fermentar hasta 42 horas. Igualmente, es indispensable realizar el lavado con agua limpia y suficiente y secar el café con aire limpio, para evitar cualquier contaminación

del producto hasta su tostación y consumo. La temperatura de fermentación influye en la calidad del café, a menor temperatura se incrementa la frecuencia de tazas con sabores especiales. Se presentan tipos de aromas diferentes dependiendo del sistema de fermentación, sólido o sumergido.

Compuestos volátiles del mucílago y café tostado de fermentaciones controladas.

Se midieron los compuestos volátiles del mucílago fermentado y del café tostado, de fermentaciones sólidas y sumergidas, de fermentaciones controladas entre 15 y 20°C, para tiempos de 14 a 48 horas. Este servicio de análisis se realizó en la Universidad Industrial de Santander, donde se determinó la proporción de cada compuesto, identificado en la fracción volátil del mucílago y del café tostado, mediante cromatografía gaseosa y espectrometría de masas.

En el mucílago de café se encontraron 18 compuestos volátiles que incluyeron ácidos, alcohol y varios ésteres. El promedio de la proporción de los principales compuestos volátiles de la fracción volátil del mucílago de café fermentado en todos los sistemas de fermentación, independiente de la temperatura, tipo y tiempo de fermentación, fue 43,4% de acetato de etilo, 27,5% de etanol, 8,2% de ácido acético, 4,8% de linoleato de etilo (Tabla 54).

Tabla 54. Proporción de compuestos volátiles del mucílago de café de fermentaciones controladas.

Compuesto volátil en mucílago de café	Fracción volátil (%)
Acetato de etilo	43,35
Etanol	27,46
Ácido acético	8,14
Linoleato de etilo	4,76
Acetato metilbutanol	3,43
Acetato de metilo	3,34
Linolenato de etilo	2,35
Metilbutanol	1,60
Metilbutanol-iso	0,98
Acetato metilbutanol-iso	0,97
Hexadecanoato de etilo	0,92
Cafeína	0,81
Linoleato de metilo	0,74
9-hexadecanoatodemetilo	0,43
Salicilato de metilo	0,30
Feniletanol	0,29
Hexadecanoato de metilo	0,06
Acetato de feniletilo	0,05

Estos compuestos son formados por las fermentaciones lácticas y alcohólicas, las esterificaciones y la degradación de lípidos del mucílago durante la fermentación del café por la actividad de las enzimas de las bacterias y levaduras naturales del café. En el análisis discriminante para los volátiles del mucílago de los sistemas de fermentación se representó el 77,8% de la varianza estandarizada, con los dos primeros componentes, las observaciones se discriminaron entre las temperaturas de fermentación 15 y 20°C y los sistemas de fermentación abiertos, cerrados, sólidos y sumergidos. Esto demostró que las condiciones de fermentación del café influyen en las degradaciones bioquímicas que ocurren en el mucílago durante la fermentación del café. El acetato de etilo con olor etéreo y a manzana se encontró en mayor proporción en las fermentaciones sólidas a 15°C, el ácido acético se produjo en mayor proporción en las fermentaciones a 20°C y el alcohol, etanol en los sistemas sumergidos de fermentación del café a 15°C.

En el café tostado y molido de las fermentaciones controladas, se encontraron 49 compuestos volátiles que incluyeron 13 furanos, 2 ácidos, 9 pirazinas, 8 cetonas, 3 piranos, 3 fenoles, 2 alcaolides, 2 compuestos nitrogenados no identificados, 1 oxigenado no identificado, 1 piridina y 1 lactona (Figura 113). El promedio de la proporción de los principales compuestos volátiles de la fracción volátil del café tostado de todos los sistemas de fermentación, independiente de la temperatura, tipo y tiempo de fermentación, fue 16,9% de 2-furanometanol

con olor a caramelo, 13,7% de ácido acético agrio, 9,5% de furfural con olor a almendra, 8,3% de 5-metil-2-furancarboxaldehído con olor a especia dulce, 4,9% de 2,5-dimetilpirazina con olor a chocolate y nuez, 4,3% de 1-hidroxi-2-propanona con olor a acetona, etéreo y 3,2% de 2-metilpirazina con olor a tostado, avellana y chocolate que juntos conformaron el 60,8% de la fracción volátil del café tostado. Estos compuestos son formados en la tostación a partir de los azúcares, ácidos, aminoácidos, lípidos, ácidos clorogénicos y otros contenidos en el grano almendra (Figura 114).

En el análisis discriminante para los volátiles del café tostado de los sistemas de fermentación se representó el 79,5% de la varianza estandarizada con los dos primeros componentes, las observaciones se discriminaron principalmente entre las temperaturas de fermentación a 15 y 20°C, seguido de los sistemas de fermentación abiertos, cerrados, sólidos y

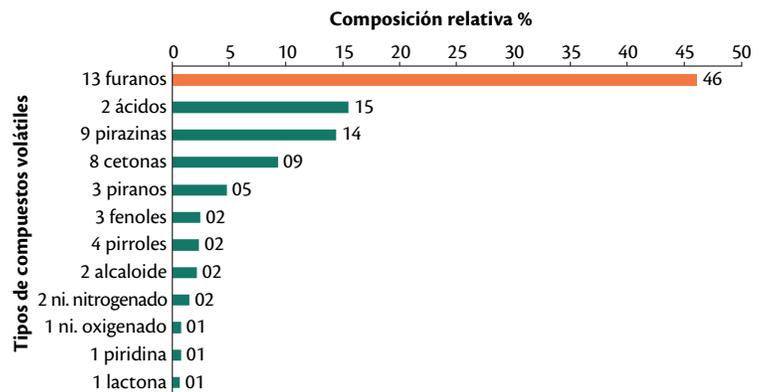


Figura 113. Tipos de compuestos volátiles del café tostado y molidos de fermentaciones controladas.

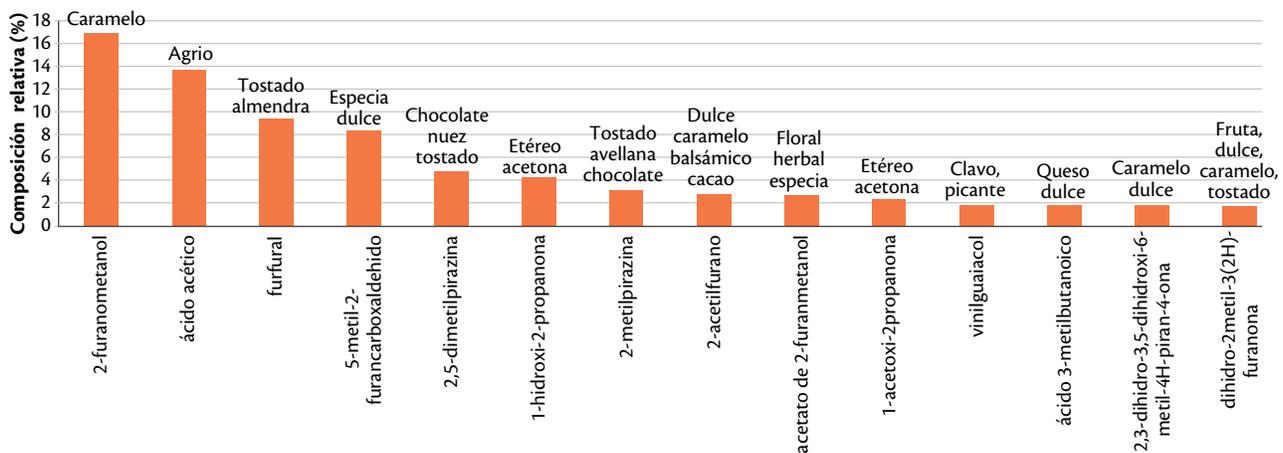


Figura 114. Principales compuestos volátiles y su olor en el café tostado de sistemas de fermentaciones controladas.

sumergidos. Esto demostró que la temperatura influyó en las diferencias encontradas en la proporción de compuestos químicos volátiles del café tostado. Se atribuye el efecto a la fermentación, debido a que todos los otros factores como origen geográfico del café, variedad, madurez, agua de proceso, secado y métodos de análisis se mantuvieron constantes. Los tipos de olores de los compuestos volátiles encontrados en el café tostado, también fueron percibidos mediante la catación, en la evaluación del aroma. Es de anotar que el impacto de un compuesto químico volátil en la bebida de café depende del valor del olor del compuesto, que se relaciona con la concentración del compuesto en el café tostado, el umbral de percepción, el grado de extracción y la pérdida de este compuesto volátil en la preparación de la bebida.

En conclusión, la temperatura es el factor que mayor influencia tiene en los sabores y olores del café procesado por fermentaciones controladas, seguido del sistema de fermentación, abierto o cerrado, el sistema sumergido o sólido y, finalmente, del tiempo de fermentación. Así, con café del mismo origen, finca y variedad se puede producir café de buena calidad y diferenciado mediante fermentaciones controladas en la temperatura, sistema, tiempo, higiene, agua potable, aire limpio, café seleccionado y tostación. Para mejorar la calidad del café es necesario implementar varios cambios en las tecnologías de fermentación, lavado y secado del café en las fincas de Colombia. De esta forma, con café del mismo origen, variedad y finca, mediante fermentaciones controladas se pueden crear diferentes productos de buena calidad con la combinación y control de los factores, temperatura, sistema y tiempo de fermentación. Para esto es necesario que se realicen controles del proceso, se use agua potable, aire limpio, café seleccionado y además se realice una tostación media y controlada, que no se quemé, ni se contamine y se pierdan los sabores y aromas producidos mediante las fermentaciones controladas.

Aprovechamiento y valorización de los subproductos del café.

Cafelactic. Con el fin de aprovechar el ácido láctico que se produce en la fermentación del café y buscar alternativas para la utilización del mucílago obtenido del desmucilaginado mecánico se inició el desarrollo del proyecto Cafelactic (Caracterización, pre-tratamientos y utilización de sub-productos del proceso del café para la producción de ácido láctico por fermentación). En un plan de trabajo colaborativo entre Cenicafé y el Instituto de Ingeniería Agrícola en

Leibnitz Potsdam- Bornim, ATB en Alemania, con el apoyo financiero de Colciencias. Entre abril y mayo de 2014 se desarrollaron fermentaciones lácticas de mucílago de café liofilizado por Buencafé y se obtuvieron los siguientes resultados:

- Para mejorar rendimientos y pureza del ácido láctico en las fermentaciones lácticas del mucílago de café es necesario agregar nutrientes como extracto de levadura y pectinasa, para hidrolizar las sustancias pécticas contenidas en el mucílago de café, previo a la fermentación (Figura 115).
- Mediante fermentaciones lácticas del mucílago de café obtenido del desmucilaginado mecánico se logró producir ácido láctico, con una pureza de más del 90%, que podría convertirse en ácido poliláctico y después en plásticos biodegradables, por instituciones que cuenten con la tecnología para la polimerización.
- En el mucílago fermentado (el primer drenado de la fermentación del café), se encontraron ácido láctico, ácido acético, alcoholes y varios ésteres volátiles.

En las fincas cafeteras se producen diariamente aguas residuales del lavado y fermentaciones. Es necesario implantar un manejo adecuado de los drenados de la fermentación del café y del mucílago de café para poder aprovechar los compuestos que contienen y reducir la contaminación. Los compuestos químicos de la pulpa, mucílago, borra, primer drenado del lavado después de la fermentación, son azúcares, lípidos, ácidos láctico y acético, ésteres y otras sustancias volátiles que podrían ser aprovechadas en la industria de alimentos, en la industria química en la industria farmacéutica y en la industria cosmética.

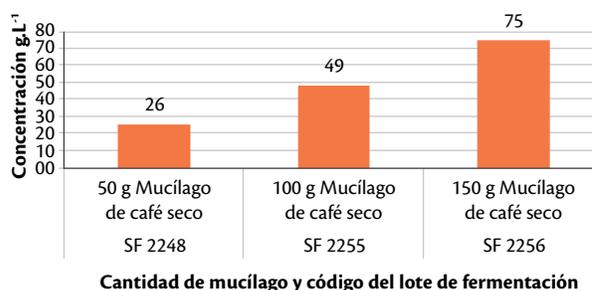


Figura 115. Concentración final de ácido láctico en fermentaciones sumergidas de mucílago de café seco en concentración de 50, 100 y 150g.L⁻¹ a 52°C con *Bacillus coagulans*, con adición de pectinasa.

Modelo biorrefinería. Continuando con esta estrategia en el proyecto “Utilización de subproductos de café para la producción de etanol, biodiesel y generación de electricidad”, financiado por *Energy and Climate Partnership of the Americas* (ECPA), en donde participaron el *Department of Sustainable Development of the Organization of American States* (OAS), *United States Department of Agriculture* (USDA) e *Illinois State University* (Normal, IL, USA), se dieron los lineamientos básicos del Modelo de Biorrefinería, el cual permitió el desarrollo de estrategias para transformar residuos provenientes del cultivo del café (pulpa, mucílago, borra y madera), en productos útiles o combustibles de origen biológico. El modelo incluye dos procesos: bioconversión y termoconversión.

Para el primero, se acoplaron cuatro procesos de fermentación utilizando en primer lugar los azúcares disponibles en la pulpa y el mucílago por parte de una levadura etanológica de *Kluyveromyces marxianus* mutada por UV, obteniendo en un fermentador de 30 L, antes de 22 h de fermentación, valores de $7 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de etanol. Los residuos de esta fermentación (ricos en proteína) fueron utilizados en un segundo proceso de fermentación como sustrato para la levadura oleaginosa *Yarrowia lypolytica* mutada también por UV, logrando obtener amonio con valor máximo de $0,12 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ después de 8 días de crecimiento en reactores de 250 mL. Un tercer proceso de fermentación se utilizaron residuos lignocelulósicos provenientes de tallos de árboles de café y borra, después de ser tratados por hidrólisis ácida y digestión enzimática, como sustrato de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* transformada con un cromosoma artificial (SUMO-XI-XKS), que además de permitir la asimilación de la Xilosa, sobre-expresa una proteína para la fabricación de endulzantes, aunque con valores bajos (0,8% p/v) se logró obtener alcohol celulósico.

Bajo similares condiciones de experimentación, diferentes levaduras evaluadas, no presentaron crecimiento. Los residuos de esta última fermentación se utilizaron para evaluar el crecimiento de la levadura *Rhodotorula glutinis* potencial productor de colorantes e isopreno en un cuarto proceso de fermentación. Aunque después de 7 días de fermentación el crecimiento de *R. glutinis* fue bajo, con y sin adición de borra, el perfil lipídico indicó presencia de triacilglicéridos de 72,4% y 58,8%, respectivamente. La composición lipídica hallada en residuos adquiere relevancia para la producción de biodiesel.

Para el proceso de termoconversión se utilizaron los residuos de los cuatro procesos de fermentación anteriores y por pirólisis catalítica se encontraron valores de aromáticos hasta del 9% de sustrato

seco, destacándose la presencia de xileno, tolueno y benceno. Los resultados son evidencia del valor que adquieren estos residuos como materia prima para ser utilizados posteriormente en procesos donde se incluyan altas tecnologías como la hidroformilación e hidrocrackin para la obtención de gasolina renovable, biodiésel y gas, entre otras fuentes de energía.

En trabajos adicionales se obtuvo plástico reemplazando hasta un 40% del polipropileno con madera proveniente de zocas de árboles de café. Este modelo de biorrefinería ha sido particularmente pensado para resultados en un corto a mediano plazo, manteniendo la estructura actual del negocio cafetero tal y como ha sido diseñada y mantenida por la Federación Nacional de Cafeteros.



Programa Caficultura y Variabilidad Climática



PROGRAMA CAFICULTURA Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA

El Programa de Investigación de Caficultura y Variabilidad Climática de Cenicafé tiene como objetivo desarrollar estrategias de adaptación para asegurar la sostenibilidad de la caficultura Colombiana frente al riesgo asociado a la variabilidad climática, basado en conocimiento científico y tecnológico.

Para el logro de este objetivo se tienen planteadas tres líneas, en las cuales se desarrollan las siguientes actividades de investigación:

- Medir amenazas y vulnerabilidades e identificar oportunidades
- Modelación matemática
- Identificar y generar estrategias que reducen el riesgo

De igual forma, el programa de investigación tiene un gran componente de articulación interinstitucional, mediante la “Implementación y evaluación de Estrategias para mejorar la capacidad adaptativa de la caficultura y gestionar el riesgo frente a la oferta climática cambiante”, entre las que se encuentran:

- La ampliación, operación y articulación de la Red Climática Cafetera, la Plataforma Agroclimática Cafetera y el Sistema de Información Cafetera (SIC@).
- Un laboratorio de simulación: Afinamiento de los índices agro - climáticos y afinamiento de los índices físico - biológicos.
- La implementación de alertas tempranas participativas con los caficultores.
- El análisis espacio - temporal para el ordenamiento adaptativo de la caficultura y gestión del riesgo.
- La implementación del sistema de alertas tempranas participativas para la gestión del riesgo agroclimático.

Línea CVC0100

Medición de amenazas y vulnerabilidades, identificación de oportunidades para adaptar la caficultura colombiana a la variabilidad climática

El clima ejerce un efecto importante sobre la producción, no sólo de café sino de cualquier cultivo, y como mecanismo para atenuar el efecto negativo de éste sobre las especies cultivadas y fortalecer los efectos positivos, se han desarrollado mecanismos de alerta temprana, cuyo objetivo es tener margen de tiempo para modificar las prácticas de cultivo de acuerdo a la condición climática prevaleciente.

Evaluación de la dinámica de interacción de plagas del cultivo del café con las variables de clima, en un gradiente altitudinal en la cuenca del río Risaralda, Caldas.

Con el objetivo de cuantificar el efecto del clima sobre las poblaciones y otros parámetros asociados a la presencia de insectos plaga y, por ende, la amenaza del clima como detonador de daños en fruto y superficie foliar, en un rango altitudinal comprendido entre 1.132 y 1.822 m de altura sobre el nivel del mar (Tabla 55), en una misma cuenca (río Risaralda, Caldas), se instalaron cuatro estaciones meteorológicas automatizadas (cada 200 m de altura).

En cada punto de muestreo climático, contiguo a la estación meteorológica, se seleccionó una parcela productiva de *Coffea arabica* Variedad Castillo®, de 3 años de edad, con una densidad de 3.000 árboles (parcela de monitoreo). Se seleccionaron dos plagas

Tabla 55. Localidad, coordenadas y altitud de las parcelas experimentales con estaciones meteorológicas automatizadas instaladas (excepto La Elva).

Finca	Municipio	Vereda	Coordenadas		Altitud(m)
Filo Bonito	Belalcázar	La Betulia	04° 59' 10,9" N	75° 50' 44,7" W	1.132
La Floresta	Belalcázar	Buenos Aires	04° 58' 45,2" N	75° 50' 0,8" W	1.331
Las Tangas	Belalcázar	Alto Bonito	05° 21' 25,8" N	75° 48' 28,4" W	1.555
El Paraiso	San José	Buena Vista	05° 05' 42" N	75° 47' 30,3" W	1.747
La Elva	Anserma	Campo Alegre	05° 11' 26,9" N	75° 46' 23,1" W	1.822

del cultivo de café, broca *Hypothenemus hampei* y minador *Leucoptera coffeellum*, para describir los procesos de densidad poblacional e incidencia a través del tiempo, como función de las variables del clima. En cada parcela, cada mes se seleccionaron aleatoriamente 30 árboles, y de cada árbol se tomaron dos ramas productivas de la parte media, equivalente a 60 sitios de muestreo por sitio (tamaño de muestra). En cada uno de los árboles de café seleccionados se determinó la localización de los daños causados por broca del café y minador (Figura 116).

De cada árbol se registró el número de ramas productivas, el número de frutos presentes y el número de frutos brocados, así como el número de hojas minadas. De las ramas y el suelo se tomaron

100 frutos brocados para contabilizar el número de estados biológicos de broca. Con esta información se determinó el porcentaje de infestación promedio de minador y broca a escala mensual, en cada lote, y la densidad poblacional de broca por árbol. Se utilizaron 20 trampas cebadas con alcohol por parcela, para conocer los vuelos de broca en cada localidad. Las curvas de crecimiento poblacional de la broca del café mostraron una relación significativa con la temperatura e inversa con la altitud, con una clara tendencia a la disminución en el tamaño poblacional del insecto, en la medida en que se incrementa la altitud, con valores promedio de 779,7 individuos en la localidad más baja (1.132 m) en contraste con 14,5 en promedio para la localidad en la parte más alta (1.822 m) durante febrero y mayo de 2014 (Figura 117).



Figura 116. Evaluación de infestación de broca y minador. a y b. Conteo de frutos brocados en ramas productivas de la parte media del árbol; c. Trampa de embudo múltiple cebada con alcohol, para el monitoreo de los vuelos de broca; d. Daño de minador en hoja de café.

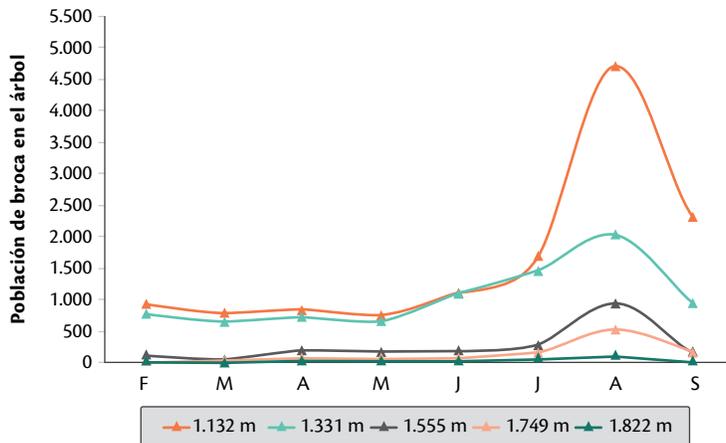


Figura 117. Densidad y crecimiento poblacional de la broca del café en cinco localidades, en un rango altitudinal entre 1.132 y 1.822 m, en la cuenca del río Risaralda, Caldas durante el año 2014.

Después de un período seco de 2 meses continuos, en junio y julio, con un incremento de la temperatura media de 2°C se presentaron vuelos masivos de broca con la llegada de las primeras lluvias, en la semana comprendida entre el 6 y 13 de agosto de 2014, con capturas de hasta 100.000 hembras adultas en trampas de alcohol, en la localidad a 1.132 m, en contraste con el mes de mayo con 13.759 capturas, o sea un incremento en los vuelos de broca del 86,2% en la primera semana de agosto (Figura 118).

El estimado del número de adultos de broca que volaron de la parcela experimental a 1.132 m fue de un 1.000.000 de individuos. Como consecuencia de esto, la cosecha principal se vio afectada, al tener las hembras de broca frutos maduros disponibles para ovipositar. Los análisis de datos muestran que los niveles de infestación por broca en los frutos del árbol se incrementaron de un 11,8% en el mes de mayo hasta un 34,1% en el mes de agosto de 2014. Los valores de densidad poblacional de broca por árbol se incrementaron de 779,1 individuos en promedio en el mes de mayo hasta 4.952,3 individuos en promedio en el mes de agosto de 2014. En contraste, el nivel de infestación del minador, en las cinco localidades, no mostró correlación con la altitud ni con las variables de clima. Las poblaciones se mantuvieron por debajo del umbral de daño económico con valores entre 0,8% y 10% de infestación. Una explicación de esto obedece a los altos niveles de parasitismo presentados por *Closterocerus coffeellae*, con niveles de 76% y 85% en todo el rango altitudinal del minador de la hoja del cafeto, los cuales mantienen bajo control esta

plaga. Se continuará monitoreando la dinámica poblacional de estas plagas del café a través del tiempo.

Teniendo en cuenta que la cosecha de mitaca terminó en el mes de junio, se debió hacer el repase de los frutos dejados en el árbol y en el suelo, para proteger la cosecha principal, la cual presenta los mayores picos de producción en septiembre, octubre y noviembre, con un 65% de distribución de la cosecha en el segundo semestre del año.

En las parcelas experimentales se midió el número de frutos en el suelo, el cual estuvo entre 7,0 y 10,1 frutos en promedio por árbol, de los cuales más del 65% estaban brocados, con promedios de 7 a 8 estados biológicos de broca en las localidades a 1.132 y 1.331 m (Figura 119). Los frutos de café infestados

por broca que se caen al suelo, sirven de reservorio y refugio al insecto para infestaciones posteriores en el árbol, ya que la broca continúa su desarrollo durante 140 días produciendo focos permanentes de nuevas generaciones de brocas que emergen de los frutos, para iniciar nuevamente el ataque de frutos sanos del árbol o del suelo. Los frutos brocados caídos son los que generan mayor impacto en la infestación en el árbol y, por consiguiente, son el principal problema en el manejo de la broca.

El nivel de infestación del minador de las hojas del cafeto *Leucoptera coffeellum* evaluado en las cinco localidades no mostró correlación con la altitud ni con las variables de clima. Las poblaciones se mantuvieron por debajo del umbral de daño económico, que para el caso del minador está estimado en valores

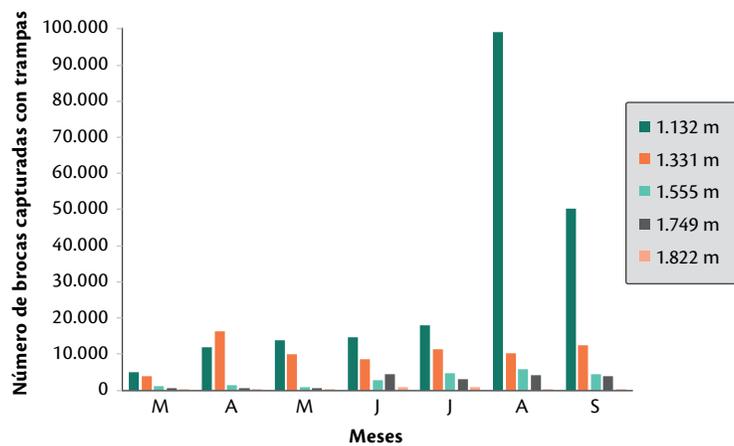


Figura 118. Capturas de broca con trampas de alcohol en un rango altitudinal entre 1.132 y 1.822 m, en la cuenca del río Risaralda, Caldas, durante el año 2014.

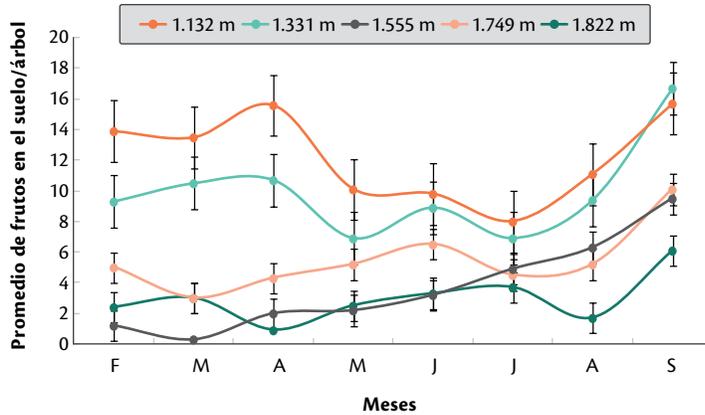


Figura 119. Promedio de frutos de café caídos en el suelo, por rango altitudinal a través del tiempo. Año 2014.

superiores a 30% de infestación en el lote. En la Figura 120 se aprecia el porcentaje de infestación en cinco altitudes, a través del tiempo, durante el año 2014. El porcentaje de infestación fluctuó entre 16,6% y 0,8%. Una explicación de esto obedece a los altos niveles de parasitismo por *Closterocerus coffeellae*, con registros del 76% y 85% en todo el rango altitudinal del minador de la hoja del cafeto. Este endoparasitoide endémico es la especie mas abundante y presente durante todo el año en las principales regiones cafeteras de Colombia, la cual mantiene las poblaciones del minador de la hoja del cafeto bajo control natural, a diferencia de la broca del café, que es una especie exótica introducida de África y que no presenta niveles de parasitismo ni control natural tan altos por los enemigos naturales.

Caracterización del riesgo por movimientos en masa en la región cafetera colombiana.

Con el objetivo de caracterizar el riesgo ambiental por movimientos en masa en la zona cafetera del departamento de Caldas, se continuó con el estudio de riesgo ambiental a dicho fenómeno. En el año 2014 se tuvo un avance considerable en la fase de caracterización de la susceptibilidad.

La metodología se resume en cuatro fases: i) Caracterización de la susceptibilidad a los deslizamientos, ii) Caracterización y zonificación de la amenaza, que en este caso serán los umbrales de lluvia detonantes de deslizamientos, iii) Zonificación del riesgo ambiental por movimientos en masa detonados por lluvias, y iv) Aplicativo WEB que incluye recomendación de prácticas preventivas con localización específica.

La fase (i) fue la de mayor avance y se está trabajando bajo la metodología de superposición de mapas temáticos. Para lograr el propósito se tomó la información base del estudio de zonificación de suelos de la zona cafetera de Caldas escala 1:100.000, cuya información fue clasificada y verificada. Posteriormente, se asignaron valores de peso a los diferentes temas (Tabla 56). Los mapas se presentan en las Figuras 121 a la 124.

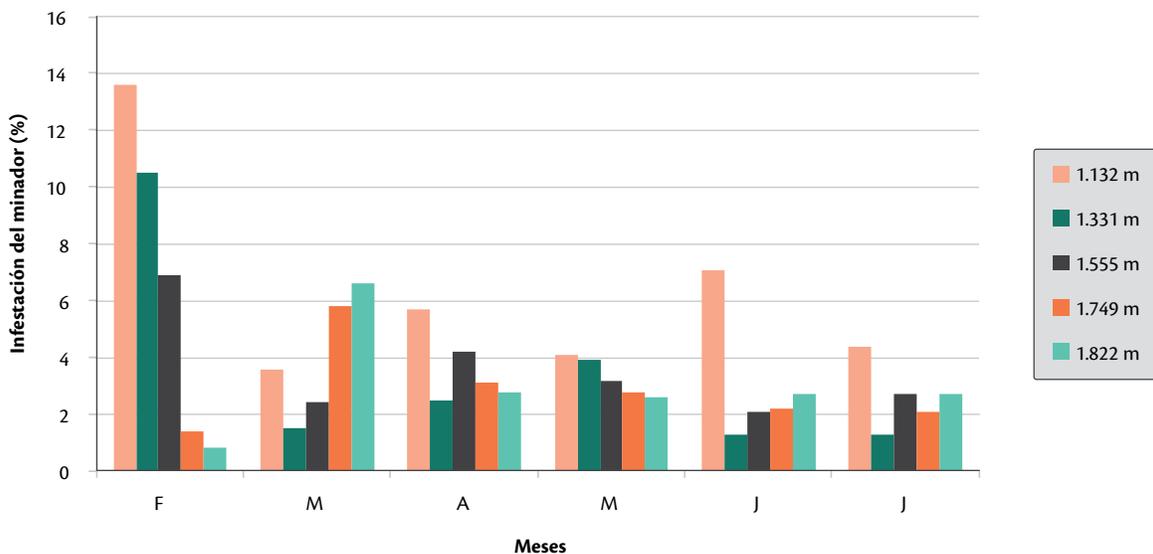


Figura 120. Porcentaje de infestación del minador de la hoja del cafeto *Leucoptera coffeellum* en cultivos de café, en un rango altitudinal entre 1.132 y 1.822 m, a través del tiempo, en la cuenca del río Risaralda. Año 2014.

Tabla 56. Valores de peso asignados a cada uno de los parámetros identificados.

Mapa temático	Parámetros	Valor de peso
Geomorfología	Colinas	5
	Vertientes erosionadas	15
	Lomerio	15
	Antiguas terrazas	7
	Coluviones	10
	Vertientes colinas	12
	Vertientes con cimas redondeadas	8
Litología	Aglomerados	5
	Andesita feldespática	10
	anfíbolitas	13
	Areniscas	12
	Areniscas conglomeráticas	12
	Areniscas silíceas de grano medio	12
	Basalto hornbléndico	13
	Basaltos olivínicos	15
	Cherts	8
	Coluvio-aluviales	15
	Conglomerados	8
	Cuarzodioritas	8
	Esquistos anfíbólicos	15
	Esquistos clorito actinolíticos	15
	Esquistos moscovíticos	15
	Esquistos olivínico	15
	Esquistos talcosos	15
	Gabro biotítico	10
	Gabro olivínico	15
	Gneis micáceo	13
	Granitos biotíticos	9
Granodiorita biotítica	9	
Misceláneo rocoso	15	
Monzonita	12	
Pórfidos andesíticos	10	
Riodacita hornbléndica	10	
Serpentinas	15	
Pendientes	A	13
	B	20
	C	10
	D	4
	E	4
Fm. Superficial	Cenizas volcánicas	20
	Coluvión	9
Fallas geológicas	Saprolito	2
	Corredor	10

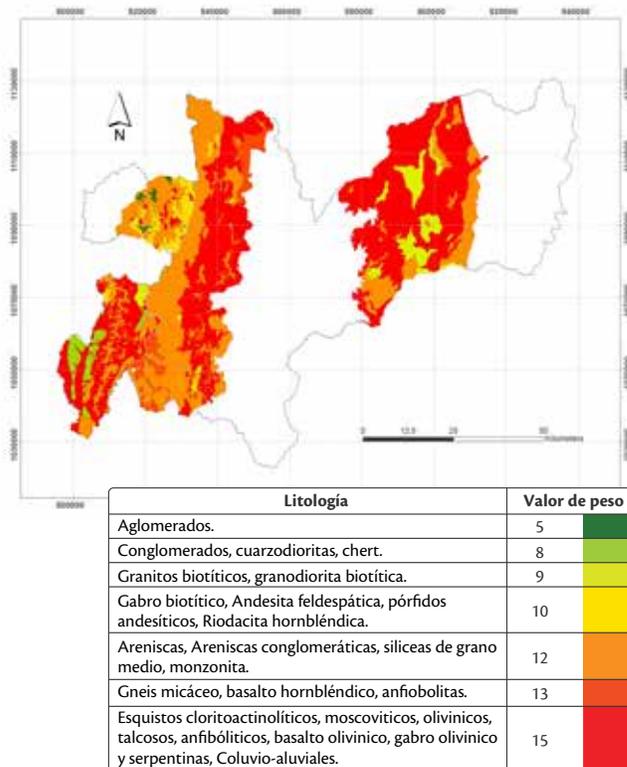


Figura 121. Mapa de zonificación de la región cafetera de Caldas, según los valores de peso para los materiales parentales.

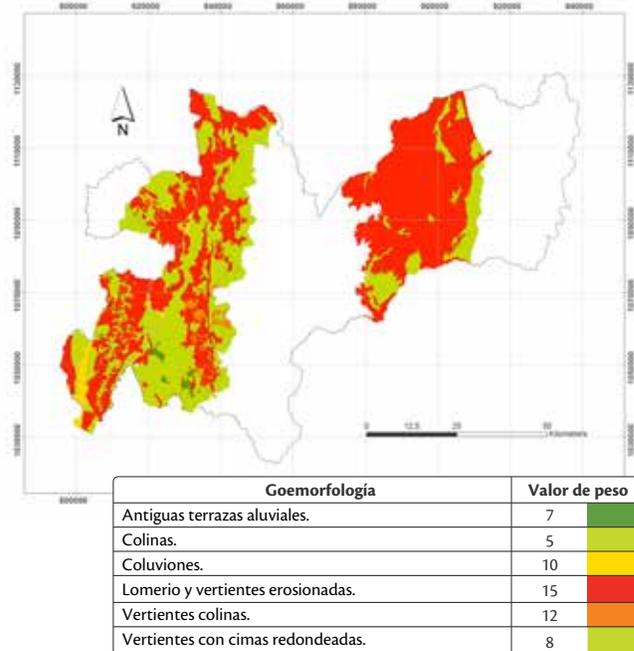


Figura 122. Mapa de zonificación de la región cafetera de Caldas, según los valores de peso para las subunidades geomorfológicas.

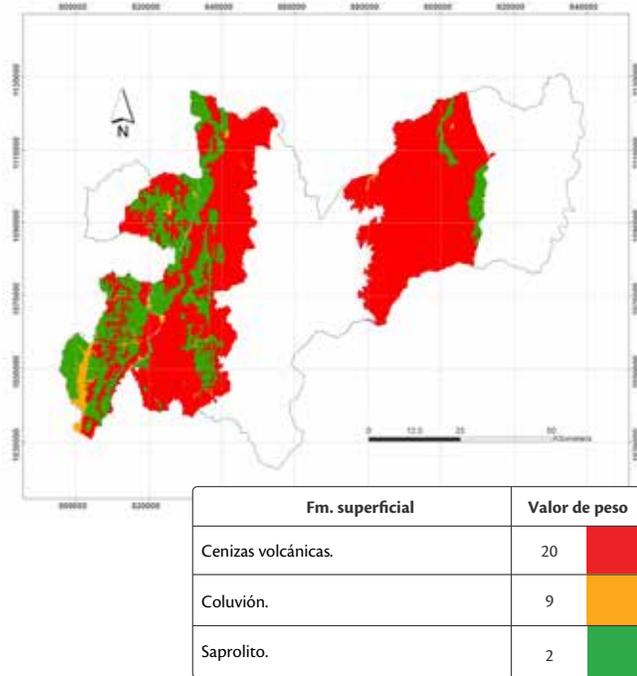


Figura 123. Mapa de zonificación de la región cafetera de Caldas, según los valores de peso para formaciones superficiales.

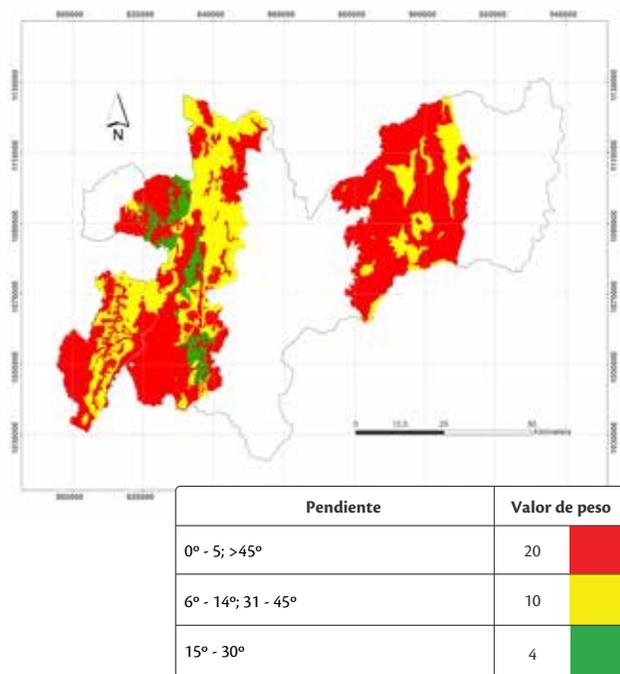


Figura 124. Mapa de zonificación de la región cafetera de Caldas, según los valores de peso para pendientes.

Comparación de datos de temperatura provenientes de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas.

La disponibilidad de datos meteorológicos confiables es fundamental para cuantificar y prevenir los impactos en productividad de los cultivos. La Federación Nacional de Cafeteros y Cenicafé, desde hace 65 años han monitoreado el clima de la zona cafetera colombiana, con el fin de darle aplicabilidad a los datos y generando conocimientos. Gran parte de esos datos meteorológicos se han obtenido a través de estaciones meteorológicas convencionales (EMC), y algunas automáticas (EMA). Las EMC requieren de un observador diario que recolecta los datos a tres horas distintas del día (07:00, 13:00 y 19:00), mientras la estación automática funciona mediante sensores electrónicos, cuya información es almacenada en un datalogger (dispositivo que almacena los datos de todos los sensores conectados) continuamente, según como el usuario lo programe. Tener un monitoreo automático más rápido de las condiciones atmosféricas es aplicable para conocer en qué momento es más indicado realizar los distintos procesos agronómicos que se realizan en los cultivos. En las estaciones convencionales es difícil poder contar con la información a tiempo, debido a que ésta tarda en llegar al sitio donde se digitan y se revisan los datos.

Las EMC de la FNC han proporcionado datos meteorológicos desde hace más de 40 años, y hoy en día 44 de las estaciones convencionales, están acompañadas de EMAS. Las mediciones automáticas pueden afectar la homogeneidad de la serie de mediciones meteorológicas, y esto es debido a las diferencias en el equipo de medición, lo que significa que la sustitución de los instrumentos convencionales con los instrumentos automatizados podrían afectar los datos climatológicos registrados y se podría dar inicio a una nueva serie de datos. La utilización de los datos generados por la estación automática sin ser revisados y comparados con los datos de la estación convencional puede dar lugar a conclusiones erróneas.

El objetivo de esta investigación fue la comparación de los datos de temperatura de instrumentos convencionales e instrumentos automáticos, revisando si los datos de las estaciones automáticas se pueden usar sin alguna modificación. El estudio incluye mediciones de temperatura tomadas durante 10 días en la estación meteorológica convencional y automática Planalto, Manizales. Las mediciones se llevaron a cabo cinco veces al día: a las 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 y 17:00. En la Tabla 57 se muestran las características de los equipos utilizados, con su respectiva ubicación.

Tabla 57. Características de los instrumentos.

Estación	Instrumento	Sensor	Fabricante	Ubicación	Sensibilidad	Unidad de medida
EMC	I1	Termómetro seco		Caseta meteorológica		°C
	I2	Termohigrógrafo		Caseta meteorológica		°C
EMA	I3	Sonda de temperatura	Vaisala	Caseta meteorológica, sin caperuza.	+0,6°C	°C
	I4	Sonda de temperatura	Vaisala	Caseta meteorológica, con caperuza.	+0,6°C	°C
	I5	Sonda de temperatura	Vaisala	Estación meteorológica automática, con caperuza.	+0,6°C	°C

La evaluación estadística de los resultados se basa en el análisis de 10 días. Para la comparación de los datos de temperatura obtenidos de estaciones convencionales y automáticas, se calculó el error y se realizó el cálculo del coeficiente de inconsistencia, para evaluar la calidad de las mediciones simultáneas (automáticas y convencionales) de distintas variables meteorológicas.

Coficiente de inconsistencia:

$$C_I = \frac{V(X-X^*)}{V(X)+V(X^*)}$$

Donde: V, representa el operador estadístico-matemático de la varianza; X, el valor de la variable a partir de la medición automática y X* el valor de la variable a partir de la medición convencional.

Este coeficiente varía entre 0 (muestras linealmente dependientes o perfectamente consistentes) y 1 (muestras totalmente independientes), suponiendo que no existe correlación lineal entre los dos conjuntos de mediciones.

La comparación de los datos registrados de los distintos instrumentos permite determinar que existen diferencias considerables entre éstos, y que es importante seguir realizando un seguimiento, para que la serie de datos con instrumentos automáticos sea homogénea con los datos de los instrumentos convencionales. En la Tabla 58 se encuentran los datos registrados durante los 3 días de seguimiento de la temperatura y las diferencias entre las comparaciones de los instrumentos. En general, los datos obtenidos por los instrumentos automáticos son principalmente mayores que los registrados por los instrumentos convencionales.

Tabla 58. Datos de temperatura registrados por los instrumentos y diferencia entre los valores medidos.

Día	Hora	Dato de temperatura						Diferencia de datos entre instrumentos							
		I1	I2	I3	I4	I5	Psicrómetro patrón	I1 - I3	I1 - I4	I1-I5	I3-I5	I4-I5	I3-I4	I2-I3	I2-I4
I	T. 11:00	22,6	22,0	22,2	22,7	23,8		0,4	-0,1	-1,2	-1,7	-1,2	-0,5	-0,2	-0,7
	T. 13:00	23,2	23,0	23,1	23,5	25,0		0,1	-0,3	-1,8	-1,9	-1,5	-0,4	-0,1	-0,5
	T. 15:00	25,4	25,5	25,4	25,7	27,0		0,0	-0,3	-1,6	-1,6	-1,3	-0,3	0,1	-0,2
	T. 17:00	23,4	23,6	24,0	23,5	23,5		-0,6	-0,1	-0,1	0,5	0,0	0,5	-0,4	0,1
II	T. 09:00	21,8	22,0	21,6	22,4	24,0		0,2	-0,6	-2,2	-2,4	-1,5	-0,8	0,4	-0,4
	T. 11:00	25,4	25,4	25,3	25,5	27,4		0,1	-0,1	-2,0	-2,1	-1,9	-0,1	0,1	-0,1
	T. 13:00	26,2	26,5	26,5	26,4	27,7		-0,3	-0,2	-1,5	-1,2	-1,3	0,1	0,0	0,1
	T. 15:00	26,8	27,0	27,4	27,3	28,3		-0,6	-0,4	-1,5	-0,9	-1,1	0,2	-0,4	-0,3
III	T. 17:00	24,2	24,5	24,7	24,4	24,3		-0,5	-0,2	-0,1	0,4	0,0	0,3	-0,2	0,1
	T. 09:00	20,8	20,3	20,2	21,0	22,3		0,6	-0,2	-1,5	-2,0	-1,2	-0,8	0,1	-0,7
	T. 11:00	21,8	22,0	22,0	22,3	22,8		-0,2	-0,5	-1,0	-0,9	-0,5	-0,4	0,0	-0,3
	T. 13:00	25,8	26,0	25,7	26,3	29,6		0,1	-0,5	-3,8	-3,9	-3,3	-0,6	0,3	-0,3
	T. 15:00	25,8	26,4	26,1	26,0	27,0		-0,3	-0,2	-1,2	-0,9	-1,0	0,1	0,3	0,4
	T. 17:00	24,9	25,5	25,4	25,0	25,3		-0,5	-0,1	-0,4	0,1	-0,3	0,4	0,1	0,5

Línea CVC0200

Incremento de la certidumbre, modelación matemática de los factores asociados con el cultivo del café

Durante este período se replanteó la línea, teniendo como objetivo general desarrollar y validar modelos para factores abióticos y bióticos asociados al sistema de producción de café y se propusieron las siguientes etapas, como metodología general: Análisis del sistema, formulación del modelo, programación, evaluación y validación. En la Figura 125 se describe a su vez, lo que implica cada una de ellas.

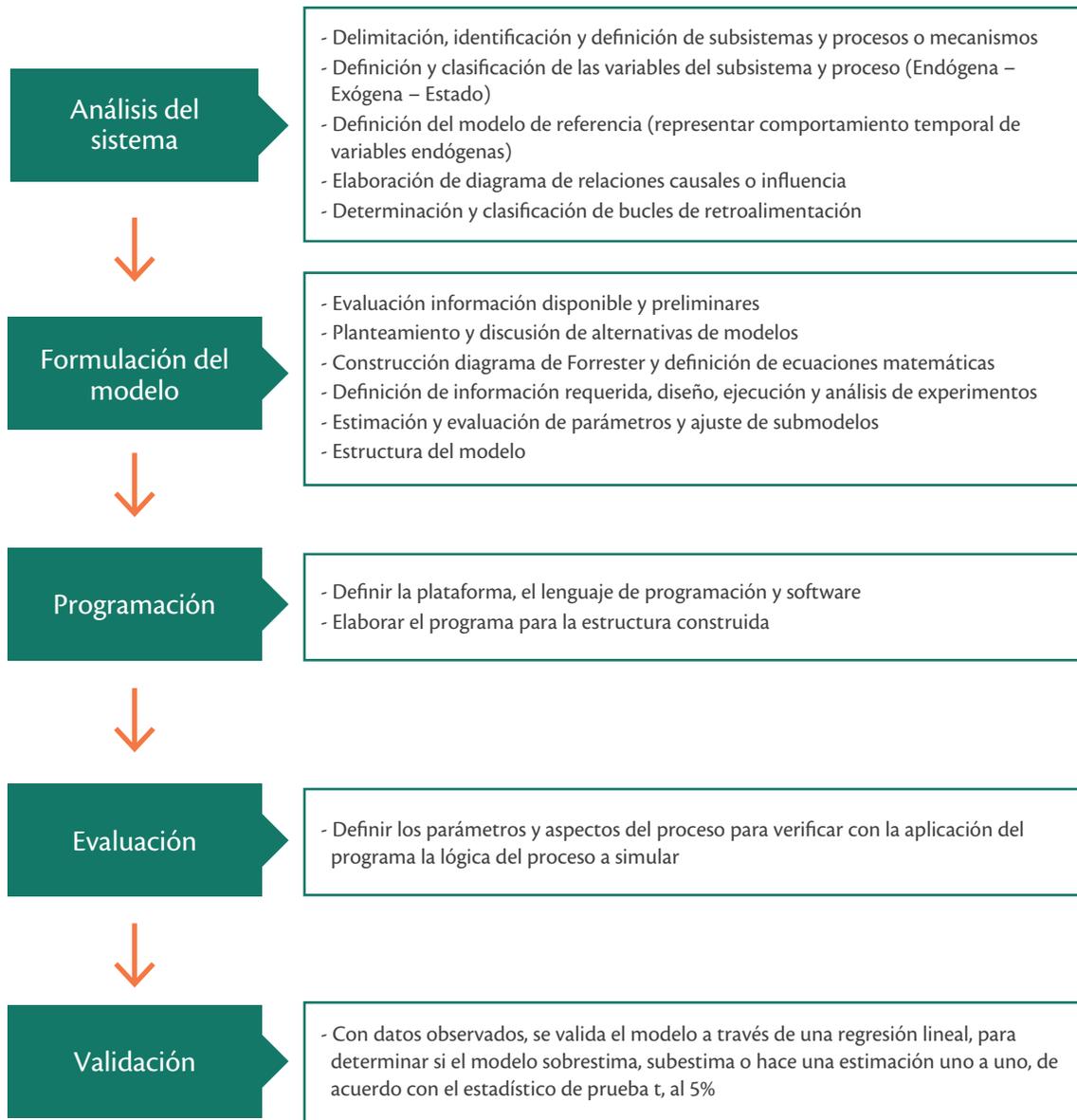


Figura 125. Etapas para la construcción de modelos.

Para alcanzar el objetivo general de la línea, en principio se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Desarrollar la versión 1.0 del modelo de agua en la relación suelo-planta-atmósfera.
2. Ajustar el modelo de producción potencial, para las variedades Castillo® y Tabi.
3. Construir el modelo conceptual de la floración del cafeto.
4. Ajustar el modelo de broca.

A continuación se describe el avance de las actividades, asociadas con cada uno de los objetivos específicos enunciados.

Desarrollar la versión 1.0 del modelo de agua en la relación suelo - planta - atmósfera. De las etapas en la construcción del modelo, se está en la del análisis del sistema, específicamente en la primera tarea (Figura 125), es decir, en la delimitación, identificación y definición de subsistemas y procesos o mecanismos, de acuerdo con lo publicado para otros cultivos perennes y trabajos desarrollados en Cenicafé.

Como proyección, al finalizar el año 2014, se tendrá una propuesta de estructura del modelo y las metodologías para obtener la información que se requiere para aplicarla.

Ajustar el modelo de producción potencial, para las Variedades Castillo® y Tabi.

El ajuste del modelo de producción potencial para Variedades Castillo® y Tabi, etapa de validación (Figura 125), se inició con la aplicación del modelo para variedad Colombia, de acuerdo con las variables de temperatura y número de horas de brillo solar, ocurridas diariamente desde la fecha de siembra hasta junio del 2014 (Tabla 59), para cinco lotes ubicados en las Estaciones Experimentales Naranjal y La Catalina. Los datos observados de producción, en cargas de café pergamino seco, corresponden a lotes sembrados con líneas de Variedad Castillo®. La producción potencial para estos lotes difiere de la observada, entre 2,7% y 52,0%. Con esta información y la que se tendrá de los lotes sembrados con Variedad Castillo® en todas las Estaciones Experimentales de Cenicafé, se determinará cuáles de los parámetros del modelo requieren de una nueva estimación o ajuste.

Otro de los temas a validar de la estructura del modelo de producción potencial, es **el flujo de energía, agua y carbono**, estudio del cual se tienen los siguientes resultados:

Actualmente, en Cenicafé se están evaluando cuatro tipos de agroecosistemas cafeteros a los cuales se les denominó unidades de trabajo (Tabla 60).

Tabla 59. Producción potencial y observada (cargas/ha) en lotes de las Estaciones Experimentales Naranjal y La Catalina.

Estación	Fecha siembra	Número árboles/ha	Número tallos/ha	Cargas de 125 kg de café/ha		Cambio respecto simulado (%)
				Observado	Simulado	
Naranjal	Agosto 30-2007	4.444	2	114,3	144,1	20,7
	Agosto 17-2007	4.444	2	142,2	146,1	2,7
	Junio 6-2006	4.444	2	94,8	152,6	37,9
La Catalina	Julio 2007	5.000	2	71,0	148,0	52,0
	Abril 2008	5.000	2	123,7	146,9	15,8

Tabla 60. Descripción de las unidades de trabajo o agroecosistemas.

Tipo Agroecosistema cafetero	Área (ha)	Distancia de siembra del cafeto (m)	Distancia de siembra de la especie asociada (m)	Total plantas de café	Total plantas de la especie asociada
a) Café a libre exposición solar	2	1,0 x 1,4	-	14.286	-
b) Agroforestal (café + eucalipto)	5	1,0 x 1,4	6 x 6	35.715	1.388
c) Café con cultivo transitorio de frijol	1	1,0 x 1,4	0,3 x 1 (2 plantas por sitio)	7.143	66.666
d) Café con cultivo transitorio de maíz	1	1,0 x 1,4	0,4 x 1 (2 plantas por sitio)	7.143	40.000

En cada unidad de trabajo fueron asignadas aleatoriamente diez progenies que componen la Variedad Castillo® Paraguaicito, repitiendo la serie de diez en cada surco. Para la etapa de levante, en las unidades de trabajo c y d, tanto en el sistema café-maíz como café-frijol, el flujo de energía utilizada para la evapotranspiración, ET, o flujo de calor latente, λE , fue positivo durante el día y con tendencia a cero a partir de las 17:30 horas y hasta las 6:30 horas, con valores pico de alrededor de 200 Wm^{-2} en las horas del mediodía (Figura 126a). El flujo de calor latente se llevó a valores de evapotranspiración a nivel horario (Figura 126b) y diario (Figura 126c), encontrando promedios de ET de $1,87 \pm 0,28 \text{ mm}$ y $2,08 \pm 0,24 \text{ mm}$ de lluvia por día, en el sistema café-maíz y café-frijol, respectivamente.

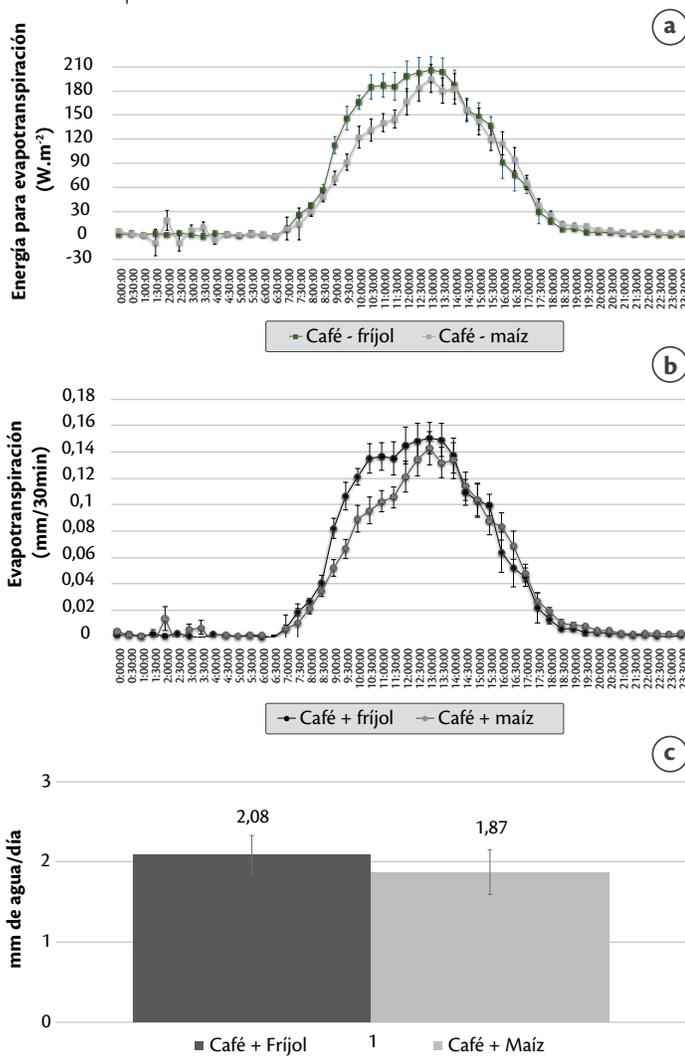


Figura 126. (a) Flujo de calor latente en dos sistemas productivos de café; (b) Flujo de evapotranspiración a través del día en dos sistemas productivos de café; (c) Promedio de evapotranspiración diaria en dos sistemas productivos de café.

La energía utilizada para aumentar la temperatura del aire o flujo de calor sensible fue en promedio 47% mayor en café-frijol que en café-maíz (Figura 127). Este comportamiento es esperado debido a que el primer sistema productivo posee menos biomasa que el segundo, por lo tanto, la energía radiactiva se utiliza más en calentar el aire del ambiente que en el proceso de evapotranspiración.

El calor del suelo tuvo un comportamiento descriptivamente similar en los dos sistemas. Los flujos con valores positivos durante el día indican que el sistema absorbe energía, y los valores negativos en la noche, que el sistema pierde o emite energía. En el sistema café-maíz, la absorción y pérdida fue menor debido a que la cantidad de biomasa aportada por el maíz dificultó el paso de la radiación solar hacia las capas del suelo, así como la salida de la energía que ya estaba contenida en él. En consecuencia, la temperatura del suelo durante el día se mantuvo hasta dos unidades por debajo que la del sistema café-frijol (Figura 128b).

En los dos sistemas productivos el flujo de CO₂ fue negativo a partir de las 6:30 horas hasta las 17:30, indicando que hubo captura o asimilación de carbono por las plantas, y el flujo fue positivo en la noche indicando emisiones atmosféricas de CO₂ (Figura 129a). El sistema café-maíz presentó promedios de asimilación neta diarios descriptivamente superiores a los del sistema café-frijol, lo cual sugiere que puede ser más eficiente en cuanto a su capacidad fotosintética y a la productividad primaria neta (Figura 129b).

Los resultados indican el comportamiento de los flujos de energía, agua y carbono a nivel del sistema completo. Se proyecta realizar mediciones de crecimiento y fenología en cada una de las líneas componentes de la Variedad Castillo® Paraguaicito, para determinarles los flujos de energía, agua y carbono.

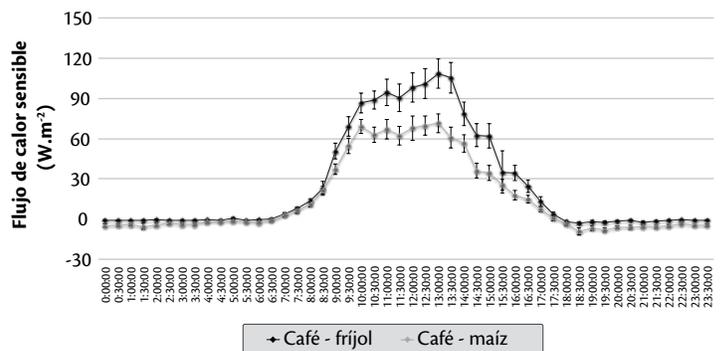


Figura 127. Flujo de calor sensible o energía utilizada para aumentar la temperatura del aire en dos sistemas productivos cafeteros.

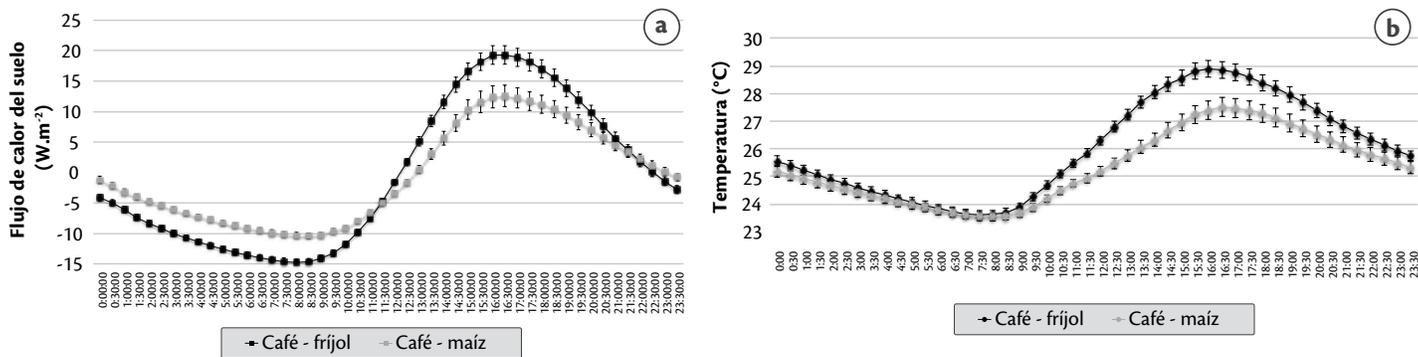


Figura 128. (a) Comportamiento a través del día del flujo de calor del suelo en dos sistemas productivos cafeteros; (b) Comportamiento de la temperatura del suelo a través del día en dos sistemas productivos cafeteros.

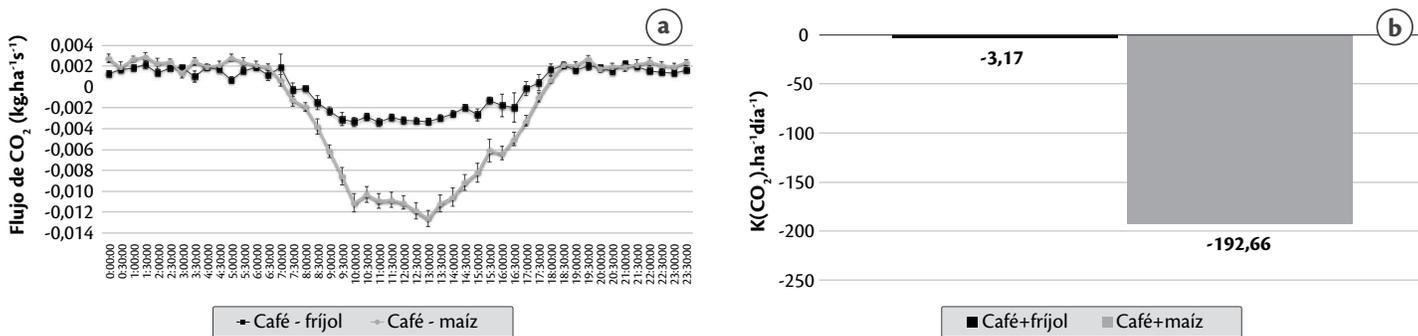


Figura 129. (a) Flujo neto de CO₂ a través del día en dos sistemas productivos cafeteros; (b) Productividad primaria neta o fotosíntesis neta en dos sistemas productivos cafeteros.

Esta información y la que se tomará en el desarrollo de la investigación permitirá ampliar el conocimiento de la dinámica de los flujos de energía, agua y carbono en diferentes sistemas productivos de café, con lo cual se definirá el ajuste del modelo de producción potencial para las Variedades Castillo® y Tabi.

Construir el modelo conceptual de la floración del cafeto. La construcción del modelo conceptual de la floración del cafeto está en la fase del análisis del sistema, desde la delimitación del mismo hasta la identificación de las variables exógenas y endógenas, iniciando con la identificación y distribución de las floraciones en las diferentes regiones.

Para ello, semanalmente, en las Estaciones Experimentales de Cenicafé desde mayo de 2008, se hace un monitoreo de los eventos de floración en lotes

de segunda o tercera cosecha. En cada estación se toman en un mismo lote 60 árboles, y en cada árbol dos ramas de la zona productiva, y se cuentan el número de botones florales en estado de pre-antesis. Esta medición se hace en dos períodos, noviembre-abril y mayo-octubre, los cuales representan las cosechas de primero y segundo semestres, respectivamente. Con el fin de fortalecer el método de muestreo, para estimar la proporción de árboles con flores y el número de ellas por hectárea, durante el presente año se está aplicando el método de muestreo sistemático de 1 en k, donde k es el cociente entre el número de árboles del lote a evaluar y 60 (muestra). Además, se está evaluando el método de muestreo no estadístico en surcos, con el fin de proponerle al caficultor un método de selección ágil, rápido y confiable, para la evaluación de la floración.

En las Figuras 130a y 130b, se ilustra el comportamiento de la estimación de los parámetros porcentaje de árboles con flores y número de flores en el lote, para el 2014. Como se observa no todos los árboles florecen en la misma unidad de tiempo y a mayor número de árboles con flores, mayor número de flores en el lote.

El monitoreo de las floraciones ha sido útil para establecer planes de manejo de plagas y enfermedades, necesidades y épocas de fertilización, para determinar la forma cómo se pueden distribuir las cosechas cada año y establecer las necesidades de mano de obra para esta labor, como también para analizar la relación con variables de clima.

Teniendo en cuenta que los primeros pasos para la realización del análisis del sistema en la construcción del modelo conceptual de la floración del café consisten en la delimitación, identificación y definición de subsistemas, así como en la clasificación de las variables de los mismos, se realizó un análisis de la información generada por Cenicafé en términos de los factores ambientales y genéticos que regulan este fenómeno.

Con la información registrada desde 2008 en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, se analizó el comportamiento de la floración del café en términos de distribución y magnitud bajo diferentes eventos climáticos: El Niño durante 2009-2010, La Niña durante 2010-2011 y Neutro durante 2012-2014 (Tabla 61).

Para las Zonas Norte (Cesar y Santander), Centro (Tolima, Caldas, Risaralda) y Sur (Cauca) la distribución de la floración se mantuvo independiente del evento

climático (El Niño, La Niña, Neutro). En las Zonas Centro Norte y Centro Sur, representadas por las Estaciones El Rosario (Antioquia) y Paraguaicito (Quindío), durante el evento La Niña se presentó una mayor concentración de la floración entre octubre - abril, comparada con la presentada durante un año El Niño.

En los períodos Neutros evaluados, la distribución de la floración para la Zona Centro no coincidió con el histórico característico de dichas regiones. Es así como en La Trinidad (Tolima), que siempre había presentado su pico de floración entre los meses de octubre-abril, mostró entre 2013-2014, una tendencia inversa, concentrando las mayores floraciones entre mayo y septiembre. En Naranjal (Caldas) y La Catalina (Risaralda), cuya distribución se caracterizaba por concentrar las floraciones principales entre octubre-abril, entre 2013-2014, la floración se distribuyó, descriptivamente, en la misma proporción durante los dos semestres de evaluación (Tabla 61).

Al analizar la magnitud de la floración expresada como número de botones florales por árbol (seis ramas por árbol evaluadas), se observaron diferencias entre Estaciones Experimentales y dentro de cada Estación entre los años evaluados, sin que éstas puedan asociarse consistentemente a un evento climático en particular de El Niño, La Niña o Neutro.

Así mismo, con los registros de floración recopilados durante 6 años, en las ocho Estaciones Experimentales de Cenicafé, se establecieron cinco índices agrometeorológicos, con los cuales se determinaron los rangos que favorecen o reducen la floración del café en Colombia (Tabla 62).

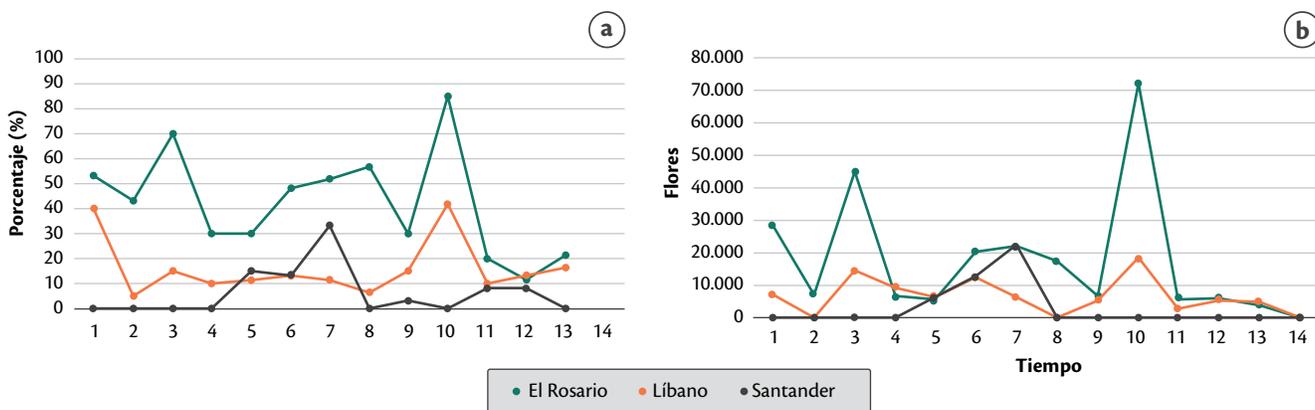


Figura 130. (a) Porcentaje de árboles con flores; (b) Número de flores en el lote.

Tabla 61. Distribución de la floración por semestre (mayo-septiembre/ octubre-abril) en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, bajo diferentes escenarios climáticos: La Niña, El Niño y Neutro.

Localidad / Departamento	Latitud	Longitud	Altitud (m)	El Niño	La Niña	Neutro	
				2009-2010	2010-2011	2012-2013	2013-2014
Zona Norte							
Pueblo Bello - Cesar	10°25'N	73°34'O	1.134	0/100	0/100	0/100	0/100
San Antonio - Santander	07°06'N	73°04'O	1.539	18/92	9/91	10/90	3/97
Zona Centro Norte							
El Rosario - Antioquia	05°58'N	75°42'O	1.635	23/77	5/95	48/52	43/57
Zona Centro							
Trinidad - Tolima	04°54'N	75°02'O	1.456	49/51	32/68	35/65	67/33
Naranjal - Caldas	04°58'N	75°39'O	1.381	37/63	32/68	20/80	41/59
La Catalina - Risaralda	04°45'N	75°44'O	1.321	23/77	24/76	22/78	44/56
Zona Centro-Sur							
Paraguaicito - Quindío	04°24'N	75°44'O	1.203	42/58	28/72	50/50	59/41
Zona Sur							
Manuel Mejía - Cauca	02°24'N	76°44'O	1.735	57/43	69/31	90/10	81/19

Un aspecto importante para conocer y poder cuantificar el efecto de las variables ambientales sobre la floración, es la evaluación del proceso bajo condiciones controladas. Es así, como desde 2012, se llevan a cabo experimentos donde se evalúa el efecto del fotoperíodo, la amplitud térmica y el déficit hídrico sobre dos etapas del desarrollo floral del café: diferenciación y latencia.

Tabla 62. Rangos de índices agrometeorológicos que favorecen o reducen la floración del café en Colombia.

IDH	Índice de déficit hídrico	60-65 días con IDH<0,8	Favorece
IEH	Índice de exceso hídrico	>20 días con IEH>0,5	Reduce
TT	Tiempo térmico	≥1.100°C / trimestre	Favorece
AT	Amplitud térmica	≤50 días con AT <10°C	Favorece
N-n	Índice de déficit de brillo solar	>7,5 horas día / trimestre	Reduce

En lo referente al fotoperíodo, los resultados sugieren que existe un efecto sobre la diferenciación de botones florales en café, de tal manera que 40 días después de iniciado el experimento, 100% de los nudos de las plantas control permanecían indiferenciados, mientras que el 37% de los nudos expuestos a variaciones graduales en la duración del día (fotoperíodo), estaban diferenciados.

Por otra parte, se determinó que el rompimiento de la latencia está relacionado a cambios paulatinos en la amplitud térmica (AT), dados alrededor de 80 días antes de la apertura floral. Después de 70 días de iniciado el experimento, el 96% de los nudos de las

plantas control permanecían latentes, mientras que el 27% de los nudos sometidos a cambios graduales en la AT, rompieron la latencia y alcanzaron la preantesis.

Así mismo, se evaluó el efecto de diferentes niveles de humedad volumétrica del suelo y posterior rirrigación hasta alcanzar capacidad de campo, sobre el rompimiento de la latencia de los botones florales de café. Se observó, que 6 días después de restablecida la humedad del suelo, se da inicio a la apertura floral, independiente de la humedad del suelo y que entre mayor sea el estrés hídrico al que se someten las plantas, mayor es el número de botones florales que superan el estado latente y alcanzan la preantesis.

El componente genético es también un factor determinante en este proceso. Se ha demostrado que existen diferencias dentro del germoplasma de la Colección Colombiana de Café en términos de número

de flores por árbol (Tabla 63) y que los genotipos evaluados responden de manera diferente a una misma oferta ambiental (Figura 131).

Tabla 63. Número promedio de flores por año en seis ramas del árbol, error estándar, en cada material evaluado - Estación Experimental Naranjal entre 2009-2010.

Variedad	Número promedio de flores por año, en seis ramas del árbol	Error Estándar
Caturra	606	A
Variedad Castillo®	527	A
Colombia	393	B
Etíopes	288	C
Típica	213	C

Letras no comunes implica diferencia entre promedios, según prueba de Duncan al 5%.

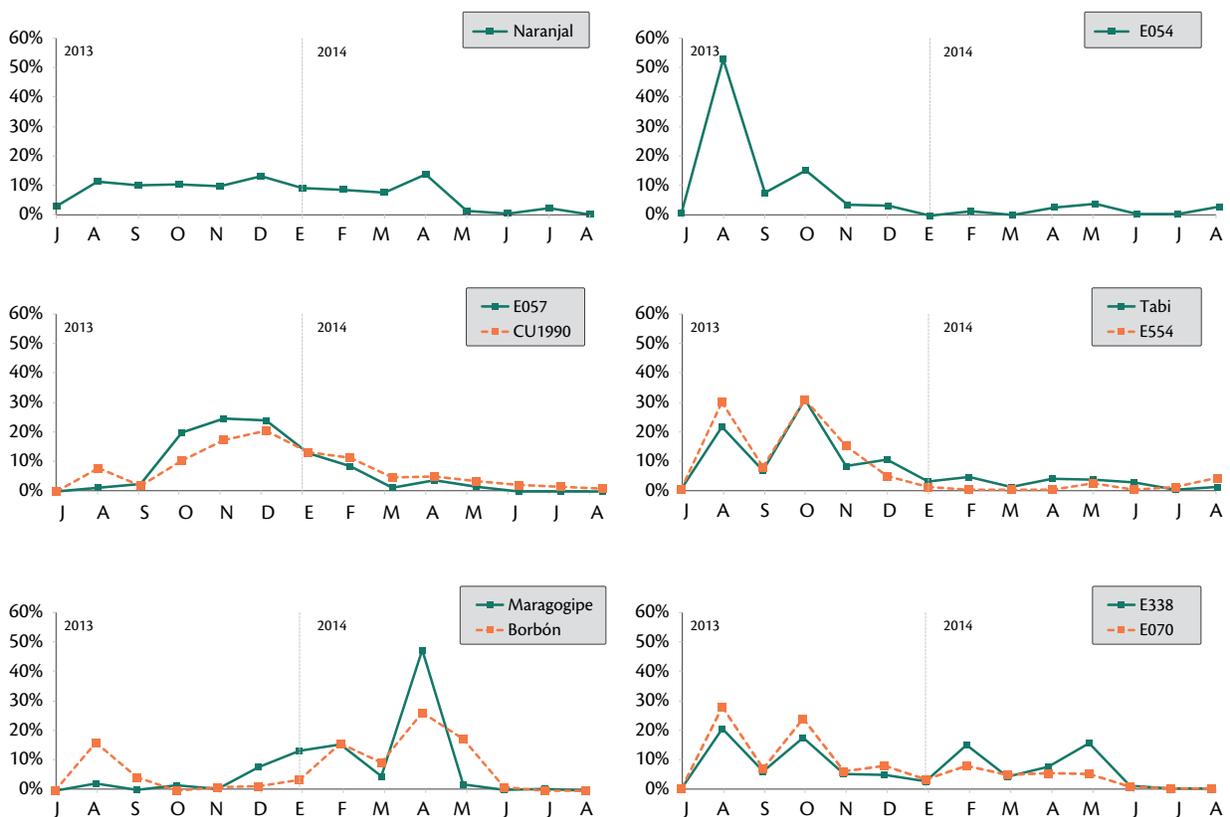


Figura 131. Patrones de distribución de la floración observados en 26 genotipos de la Colección Colombiana de Café, evaluados entre 2013-2014, en la Estación Experimental Naranjal (Caldas).

Ajustar el modelo de broca, en el componente emergencia.

En la etapa de validación del modelo de broca, una de las estructuras a revisar es la emergencia. Para este propósito, se tendrá como referente el registro de la emergencia de brocas adultas desde noviembre de 2007 hasta agosto de 2010, durante cuatro ciclos productivos continuos, en cuatro localidades (Tabla 64). Con el análisis de la información, se obtuvieron los siguientes resultados:

Durante un evento El Niño con respecto a un evento Neutro hay un incremento de la temperatura media de 1,2°C, a 1.218 m de en la altitud; de 0,9°C a 1.381 m de la altitud; de 1,6°C a 1.470 m y de 1,2°C en la

altitud de 1.700 m (Figura 132). Independientemente del evento, por cada piso térmico evaluado (altitud), hay una diferencia entre promedios de temperatura de 1,4°C, aproximadamente.

Para la localidad de Paraguaicito, ubicada a una altitud de 1.218 m, en un período de El Niño, la emergencia acumulada de adultos de broca a los 10 días, fluctuó entre 3,2 y 64,6, para uno y 20 frutos brocados dejados en el suelo, respectivamente; en contraste con un período Neutro, donde a los 10 días, el número de brocas adultas emergidas fluctuó entre 0,14 y 3,1, para uno y 20 frutos dejados en el suelo (Figuras 133a y 133b).

Tabla 64. Altitud, temperatura y humedad relativa promedio por día y acumulado anual de horas de brillo solar y precipitación, de las localidades del estudio.

Localidad	Altitud (m)	Temperatura promedio por día (°C)	Humedad relativa (%)	Brillo solar acumulado año (horas)	Lluvia acumulada año (mm)
Estación Paraguaicito (Quindío)	1.218	21.8	77	1.747	2.161
Estación Naranjal (Caldas)	1.381	20.9	78	1.763	2.782
Finca La Bella (Quindío)	1.470	20.1	79	1.420	2.176
Finca Santa Cruz (Risaralda)	1.700	19.2	81	1.480	2.662

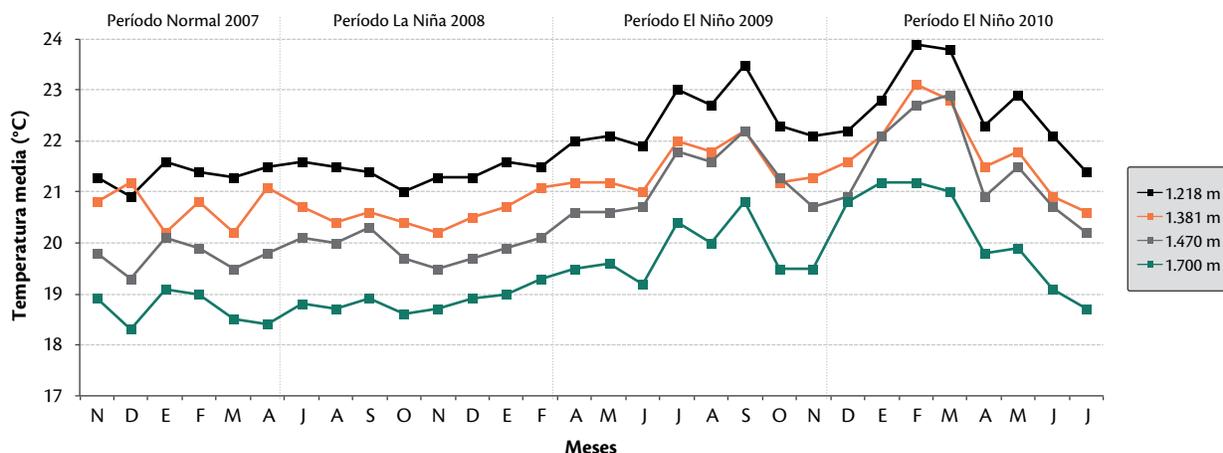


Figura 132. Temperatura media mensual registrada por localidad durante el período de estudio.

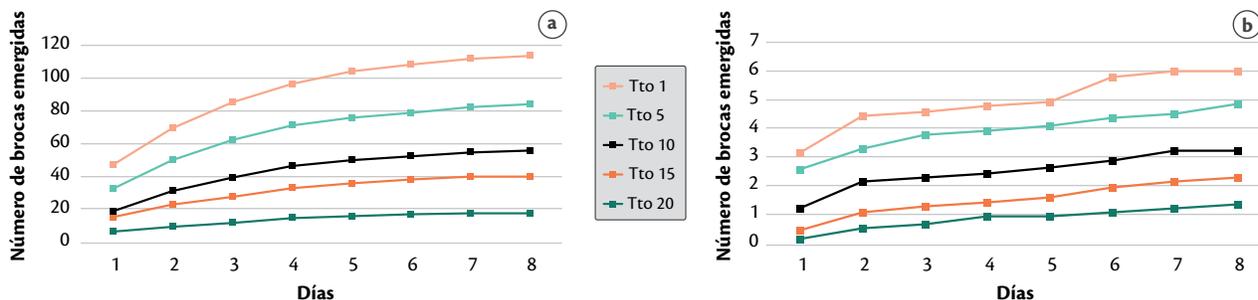


Figura 133. a. Número de brocas emergidas en evento El Niño a una altitud de 1.218 m; b. Número de brocas emergidas en evento Neutro a una altitud de 1.218 m.

En las Tablas 65, 66 y 67, para cada evento de El Niño, La Niña y Neutro, se presenta el número de brocas adultas que emergen en cada localidad, de acuerdo al número de frutos brocados dejados en el suelo al inicio del experimento, a través del tiempo.

Estos resultados muestran descriptivamente, que en un período de El Niño en la altitud de 1.218 m, con un solo fruto brocado dejado en el suelo, emergen al cabo de 80 días en promedio 17,4 brocas por árbol (Tabla 65), mientras que en los períodos La Niña y Neutro, emergen 1,4 brocas (Tablas 66 y 67).

En las altitudes de 1.381 m, 1.470 m y 1.700 m, emergieron a los 80 días, un total de 90,6; 50,1 y 19,4 brocas adultas, respectivamente, para 20 frutos brocados en el suelo, en un período El Niño, y en un

período La Niña emergieron 3,8; 5,4 y 2,9 adultos, respectivamente.

El porcentaje de emergencia de broca fue de 99,4%, 48,6%, 40,8% y 13,1% a 1.218 m, 1.381 m, 1.470 m y 1.700 m en un evento El Niño y de 22,3%, 5,7%, 19,5% y 2,0% en un Evento La Niña.

Los resultados del número de adultos de broca capturados muestran tanto la influencia de los eventos El Niño, La Niña y Neutro como la altitud.

Como proyección se tiene relacionar el número de brocas capturadas con el comportamiento de la infestación y proceder a validar el modelo de broca en el proceso de la emergencia.

Tabla 65. Número medio de brocas acumuladas que emergen de acuerdo con el número de frutos brocados dejados en el suelo y el tiempo de evaluación (días) por localidad. Evento El Niño.

Localidad	Número de frutos en el suelo	Número de días para la evaluación							
		10	20	30	40	50	60	70	80
Estación Paraguaicito (Quindío) Altitud: 1.218 m	1	6,1	9,3	11,6	14,3	15,7	16,6	17,2	17,4
	5	14,8	22,6	27,4	32,5	35,7	38,1	39,5	40,0
	10	18,5	30,9	39,1	46,0	49,7	52,3	54,2	55,5
	15	32,3	49,8	61,9	71,3	75,6	78,9	82,1	83,9
	20	46,6	69,5	85,2	96,2	103,8	108,4	111,7	113,7
Estación Naranjal (Caldas) Altitud: 1.381 m	1	5,8	12,7	17,7	19,7	20,8	21,6	22,4	23,4
	5	9,7	19,5	25,9	28,7	31,3	32,5	34,0	34,9
	10	15,8	32,8	40,7	45,6	48,5	50,6	52,3	53,3
	15	21,4	43,8	54,8	59,9	63,9	66,0	68,0	69,1
	20	27,8	59,2	73,7	79,4	84,4	87,5	89,5	90,6
Finca La Bella (Quindío) Altitud: 1.470 m	1	2,7	4,4	5,7	6,8	7,8	8,4	8,9	9,3
	5	5,6	9,0	11,6	13,6	15,1	16,2	17,2	17,8
	10	9,1	14,1	17,8	20,2	22,2	23,8	25,4	26,5
	15	14,5	22,4	26,8	30,1	32,8	35,0	37,0	38,6
	20	20,3	30,5	35,9	39,9	42,9	45,4	48,3	50,1
Finca Santa Cruz (Risaralda) Altitud: 1.700 m	1	1,3	2,7	3,9	4,8	5,7	6,5	7,1	7,4
	5	2,4	4,0	5,8	7,2	8,2	9,1	10,0	10,6
	10	3,0	5,9	8,0	9,8	11,3	12,5	13,2	14,0
	15	3,5	6,1	8,5	10,9	12,5	14,0	14,7	15,4
	20	5,3	9,3	11,8	13,8	15,6	17,4	18,5	19,4

Tabla 66. Número de brocas acumuladas que emergen de acuerdo al número de frutos brocados dejados en el suelo y número de días para cada localidad. Evento La Niña.

Localidad	Número de frutos en el suelo	Número de días para la evaluación							
		10	20	30	40	50	60	70	80
Estación Paraguaicito (Quindío) Altitud: 1.218 m	1	0,1	0,5	0,6	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4
	5	0,4	1,1	1,3	1,5	1,6	2,0	2,2	2,5
	10	1,2	2,1	2,3	2,4	2,9	3,1	3,1	3,2
	15	2,6	3,3	3,7	3,9	4,2	4,4	4,5	4,5
	20	3,1	4,4	4,6	4,8	5,6	6,0	6,1	6,1

Continúa...

...continuación

Localidad	Número de frutos en el suelo	Número de días para la evaluación							
		10	20	30	40	50	60	70	80
Estación Naranjal (Caldas) Altitud: 1.381 m	1	0,7	1,2	1,7	1,9	2,2	2,3	2,3	2,3
	5	0,8	1,3	1,9	2,1	2,4	2,6	2,6	2,7
	10	1,9	3,0	3,9	4,4	4,6	4,9	4,9	5,0
	15	1,8	3,0	3,6	4,3	4,6	4,7	4,7	4,7
	20	1,3	1,9	2,5	2,9	3,3	3,5	3,8	3,8
Finca La Bella (Quindío) Altitud: 1.470 m	1	0,4	1,1	1,4	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8
	5	1,1	2,0	2,0	2,1	2,1	2,3	2,5	2,5
	10	1,9	2,9	3,1	3,4	3,6	3,6	3,8	3,9
	15	2,9	3,7	4,0	4,1	4,2	4,5	4,6	4,7
	20	3,4	4,7	4,9	4,9	5,1	5,1	5,1	5,4
Finca Santa Cruz (Risaralda) Altitud: 1.700 m	1	0,3	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	1,8	1,8
	5	0,4	0,8	1,1	1,5	1,7	1,8	1,8	1,8
	10	0,5	0,6	1,1	1,4	1,6	1,7	1,7	1,7
	15	0,7	1,4	1,8	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
	20	1,0	1,5	2,0	2,5	2,5	2,9	2,9	2,9

Tabla 67. Número de brocas acumuladas que emergen de acuerdo al número de frutos brocados dejados en el suelo y número de días para cada localidad. Evento Neutro.

Localidad	Número de frutos en el suelo	Número de días para la evaluación							
		10	20	30	40	50	60	70	80
Estación Paraguaicito (Quindío) Altitud: 1.218 m	1	0,1	0,5	0,6	0,9	0,9	1,1	1,2	1,4
	5	0,4	1,1	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3
	10	1,2	2,1	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2	3,2
	15	2,6	3,3	3,8	3,9	4,1	4,4	4,5	4,9
	20	3,1	4,4	4,6	4,8	4,9	5,8	6,0	6,0
Estación Naranjal (Caldas) Altitud: 1.381 m	1	0,7	1,1	1,7	1,8	1,8	1,8	2,3	2,3
	5	0,8	1,3	1,9	2,1	2,4	2,5	2,7	2,7
	10	1,9	3,1	4,0	4,6	4,9	5,0	5,2	5,2
	15	1,8	3,0	3,7	4,3	4,5	4,6	4,8	4,8
	20	1,1	1,9	2,6	3,0	3,3	3,5	4,1	4,1
Finca La Bella (Quindío) Altitud: 1.470 m	1	0,4	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	1,8	1,8
	5	1,1	1,9	1,9	1,9	2,1	2,4	2,6	2,6
	10	1,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	3,9	4,0
	15	2,6	3,4	3,5	3,6	3,8	3,9	4,1	4,2
	20	3,4	4,7	4,8	4,9	5,1	5,2	5,2	5,5
Finca Santa Cruz (Risaralda) Altitud: 1.700 m	1	0,3	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,5	1,5
	5	0,4	0,8	1,1	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5
	10	0,5	0,6	1,2	1,5	1,7	1,8	1,8	1,9
	15	0,7	1,4	1,8	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3
	20	1,0	1,5	2,0	2,5	2,5	2,9	2,9	2,9

Línea CVC0300

Identificar y generar estrategias que reducen el riesgo

Esta línea de investigación tiene como objetivo general Identificar y generar estrategias que reduzcan el riesgo agroclimático.

Identificación y cuantificación de áreas con grado de exposición al déficit y exceso hídrico (Gestión del riesgo). Este estudio se está realizando mediante la estimación de la amenaza dada por la variabilidad climática entendida como los eventos de La Niña y El Niño (ENSO) y la estimación de la vulnerabilidad, mediante el desarrollo del índice de humedad del suelo - IHS, la determinación de los niveles de exceso y déficit hídrico y la espacialización del riesgo.

Como resultados se tiene la espacialización de las zonas expuestas al exceso hídrico para el semestre I

del año 2014 (Figura 134) y la espacialización de las zonas expuestas al déficit hídrico para el semestre I del año 2014 (Figura 135).

Para la identificación del riesgo agroclimático en escenarios de variabilidad climática interanual por déficit y exceso hídrico, se estimaron en nueve departamentos cafeteros (Tabla 68), los escenarios de déficit hídrico menor de $IHS < 0,3$ a 15, 30 y 60 días y de exceso hídrico $IHS > 0,6$ a 20 días, para los dos semestres del año, en escenarios Neutro, La Niña y El Niño.

Recomendación de épocas de siembra y renovación en función de la disponibilidad hídrica del suelo para escenarios de variabilidad climática La Niña y El Niño. Con el fin de dar una recomendación práctica respecto a las épocas de siembra y renovación en función de los escenarios de variabilidad climática, se desarrolló una metodología que permitió dar la recomendación sobre cuáles serían los meses más adecuados para la siembra, de acuerdo a la disponibilidad de agua en el suelo, y

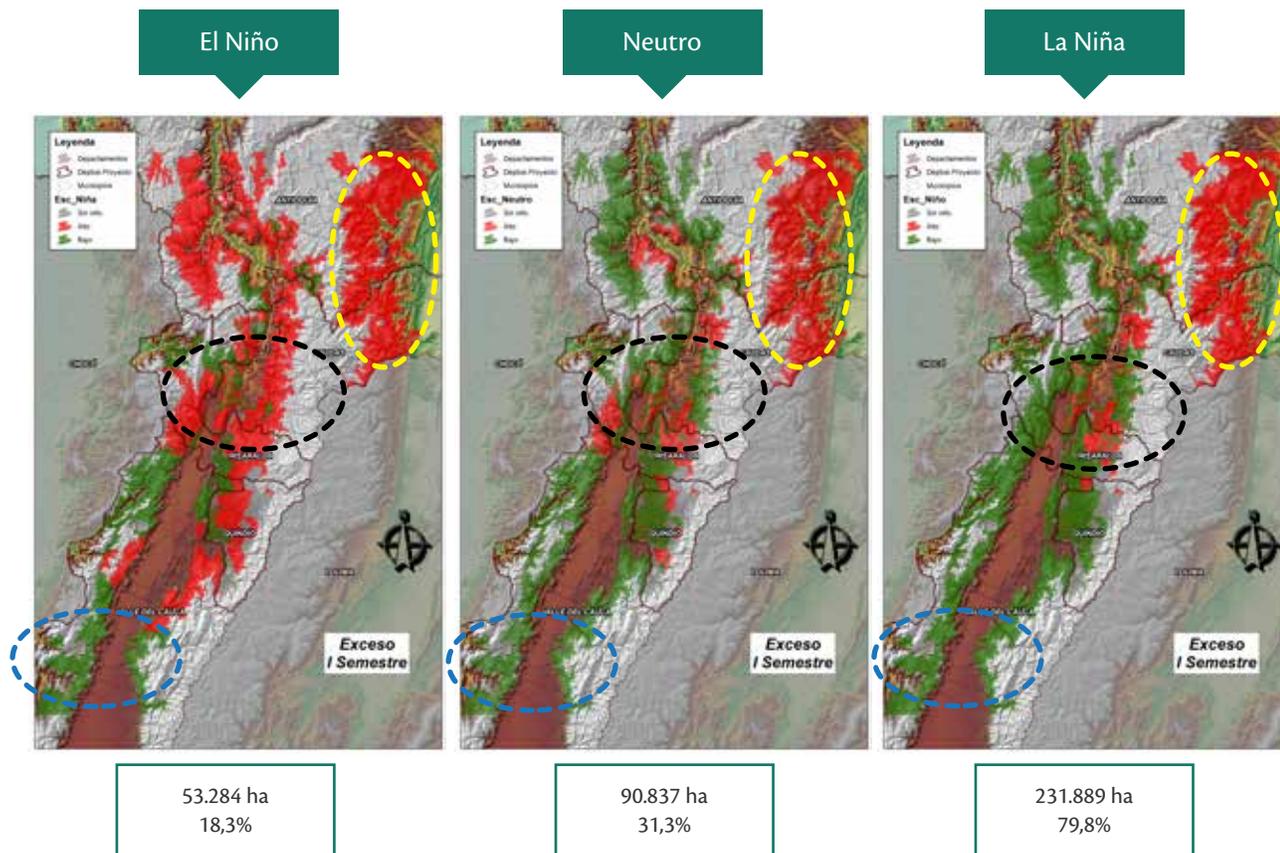


Figura 134. Espacialización de zonas expuestas al exceso hídrico para el primer semestre del año 2014, en escenarios El Niño, Neutro y La Niña.

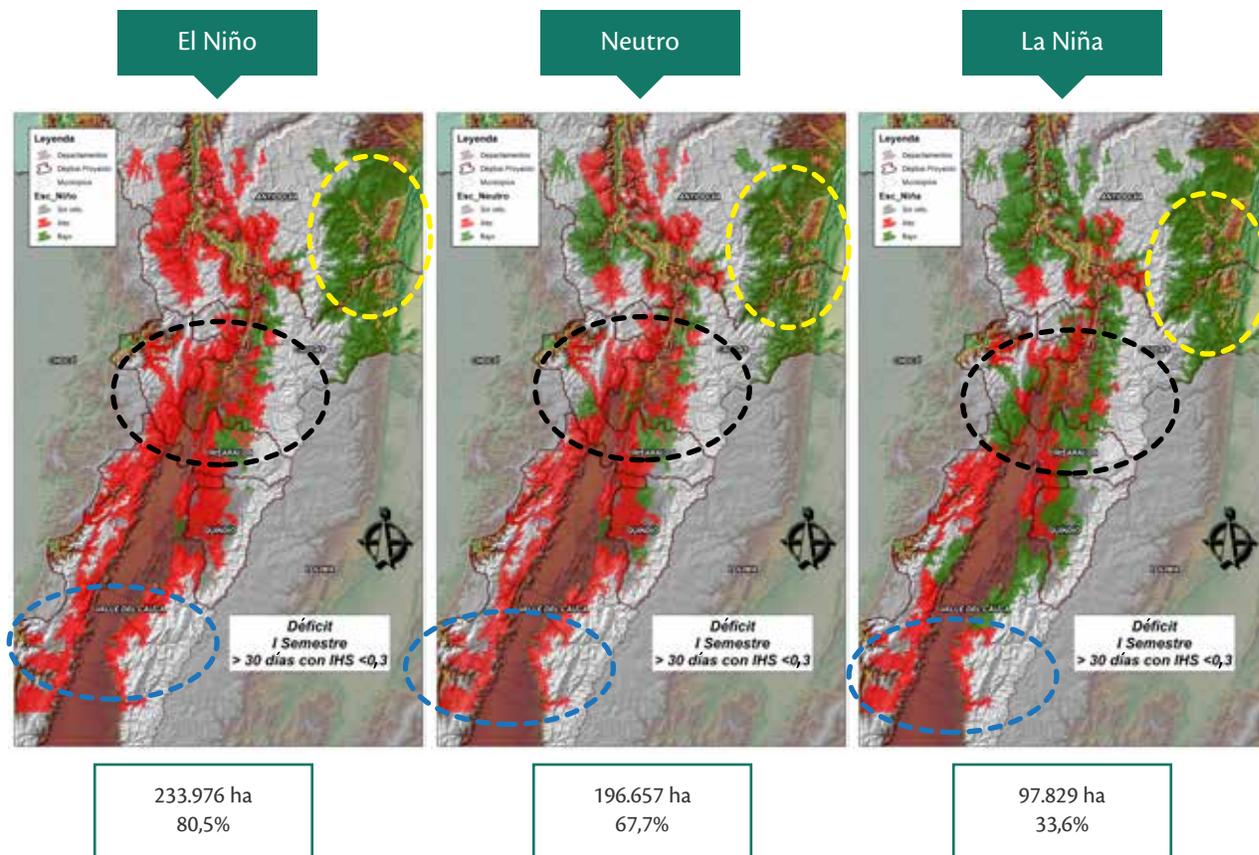


Figura 135. Espacialización de zonas expuestas al déficit hídrico para el primer semestre del año 2014, en escenarios El Niño, Neutro y La Niña.

Tabla 68. Departamentos en los cuales se realizó la identificación del riesgo agroclimático.

Departamento	Número de estaciones	Rango serie histórica	Rango altitudinal	Unidades de suelos
Boyacá	1	1953-2011	1.677	15
Cauca	7	1967 - 2011	1.380 - 1.695	37
Cesar	1	1958-2011	1.134	7
Cundinamarca	5	1952 - 2011	1.340 - 1.538	12
Huila	7	1986 - 2011	1.141 - 2.099	9
Nariño	2	1986-2011	1.603 - 1.609	29
Norte de Santander	3	1951 - 2011	903 - 1.261	9
Santander	3	1992 - 2011	1.499 - 1.646	9
Tolima	10	1955-2011	1.219 - 2.400	29

aquellos en donde la humedad del suelo es baja para la labor de renovación, para evitar así la proliferación de enfermedades tales como llagas.

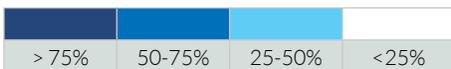
Utilizando la información climática de las estaciones de la Red Meteorológica Cafetera, elementos de cultivo (densidad y edad del cultivo) e información de suelos (propiedades hidrofísicas) para los departamentos de la zona cafetera de Colombia, se obtuvo el índice de humedad del suelo (IHS) para cada uno de los departamentos de estas zonas productoras.

Aquellos meses en los cuales el índice de humedad del suelo es mayor a 0,6 (IHS > 0,6) se recomienda como

un mes adecuado para la siembra, cuando el IHS < 0,3 se recomienda como mes adecuado para la labor de renovación, ambas recomendaciones en escenarios de variabilidad climática La Niña (Tablas 69 y 70) y El Niño (Tablas 71 y 72).

Los colores que se observan representan un rango de días durante los cuales dependiendo del porcentaje, representan el número de días del mes con condiciones de humedad en el suelo necesarias para realizar la actividad de siembra (IHS > 0,6) o el número de días del mes con condiciones de humedad en el suelo necesarias para realizar la actividad renovación (IHS < 0,3).

Tabla 69. Meses recomendados para la siembra en un escenario de variabilidad climática La Niña. Los colores representan el número de días del mes con condiciones de humedad en el suelo necesarias para realizar la actividad de siembra (IHS > 0,6).



Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo												Establecimiento de sombrío			
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Permanente	Transitorio		
Antioquia																		
Amagá	Carimagua	1.802	S		S													
Bolívar	El Trapiche	1.277	S		S													
Fredonia	Bariloche	1.748	S		S													
Fredonia	El Olvido	971	S		S													
Fredonia	La Blanquita	570	S														X	
Fredonia	Santa Cruz	1.400	S		S													
Fredonia	Santa Isabel	1.963	S		S													
Jardín	Miguel Valencia	1.621	S		S		S											
Jericó	El Porvenir	1.906	S		S													
Támesis	La Cristalina	775	S													S	X	
Támesis	Virgen de Oro	1.656	S		S													
Venecia	El Rosario	1.635	S		S													
Cocorná	Cocorná	1.344	S		S													
Caldas																		
Aguadas	Cuatro Esquinas	1.900	S		S								S		S			
Aguadas	Guaymaral	1.600	S		S								S		S			X
Aguadas	San José	1.663	S		S								S		S			
Pácora	La Cascada	1.600	S		S								S		S			
Pácora	La Linda	1.750	S		S								S		S			
Salamina	La Gaviota	1.772	S		S								S		S			
La Merced	El Socorro	1.852	S		S								S		S			
Filadelfia	El Mirador	1.650	S		S										S			
Filadelfia	La Julia	1.650	S		S										S			
Neira	Piamonte	1.625	S		S										S			
Manizales	El Pistacho	1.582	S		S								S					
Manizales	Java	1.778	S		S										S			
Manizales	La Juliana	1.785	S		S										S			

Continúa...

...continuación

Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo												Establecimiento de sombrío			
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Permanente	Transitorio		
Manizales	La Selva	1.312	S		S								S					
Manizales	Las Colinas	1.450	S		S								S					
Manizales	Santa Teresa	1.698	S		S								S					
Manizales	Santa Teresita	1.172	S		S								S					
Villamaría	Bello Horizonte	1.690			S								S					
Chinchiná	Cenicafé	1.310			S								S					
Chinchiná	La Divisa	1.590			S								S					
Chinchiná	La Francia	1.267			S								S					
Chinchiná	La Sierra	1.440	S		S								S					
Chinchiná	Moravo	1.146			S								S					
Chinchiná	Naranjal	1.381			S								S					
Palestina	El Recreo	1.430			S								S					
Palestina	Granja Luker	1.031			S								S				X	
Palestina	La Argentina	1.354			S								S					
Palestina	Santágueda	1.026			S								S				X	
Marmato	El Descanso	1.803	S		S								S					
Supía	Rafael Escobar	1.307	S												S		X	
Riosucio	La Argentina	1.420	S		S								S					
Riosucio	La Manuelita	1.460	S		S								S					
Anserma	El Tabuyo	1.669											S				S	
Anserma	Santa Fe	1.410			S								S					
Risaralda	San Lucas	1.105			S													
San José	La Divisa	1.686		S									S					
Viterbo	La Esmeralda	1.365		S									S					
Samaná	El Tiburio	1.403		S									S					
Pensilvania	Granja Kennedy	1.800			S								S					
Pensilvania	Hogar Juvenil	1.560		S									S					
Marquetalia	La Esperanza	1.463		S									S					
Marquetalia	Santa Helena	1.395		S									S					
Victoria	Cuba	1.054			S								S					
Victoria	La Pastorita	1.122			S								S					
Quindío																		
Filandia	La Esperanza	1.671			S								S					
Circasia	La Ilusión	1.442	S		S										S			
Quimbaya	Almacafé-Vivero	1.330			S										S			
Quimbaya	Maracay	1.402	S		S										S			
Montenegro	El Agrado	1.275			S										S			
Montenegro	La Julia	1.250	S		S										S			
Montenegro	Sorrento	1.203			S										S			
Armenia	La Pradera	1.350	S		S										S			
Armenia	Tucumán	1.250	S		S										S			
Calarcá	El Jardín	1.365	S		S										S			
Calarcá	La Bella	1.449	S		S										S			
Calarcá	Quebradanegra	1.500	S		S										S			
La Tebaida	La Argentina	1.200			S												X	
La Tebaida	La Miranda	1.193				S									S		X	
Córdoba	Mónaco	1.350	S		S										S			
Buena Vista	La Esperanza	1.428	S		S										S			
Buenavista	Paraguacito	1.203	S		S										S			
Pijao	El Porvenir	1.470	S		S										S			
Génova	La Alejandría	1.600			S	S									S			
Génova	La Esperanza	1.650	S		S										S			

Continúa...

...continuación

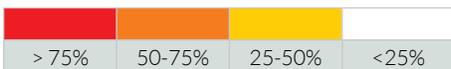
Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo												Establecimiento de sombrío		
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Permanente	Transitorio	
Risaralda																	
Marsella	La Palmera	1.450			S								S				
Santa Rosa de Cabal	El Jazmín	1.635			S								S				
Dosquebradas	El Bosque	1.458			S								S				
Pereira	Combia	1.173	S		S										S		
Pereira	El Pilamo	1.113			S											S	
Pereira	La Catalina	1.321	S		S										S		
Pereira	La Playa	1.290	S		S										S		
Pereira	La Renta	1.194	S		S												X
Pereira	Los Cármbulos	1.189			S								S				X
Quinchía	El Diamante	1.550			S		S						S		S		
Quinchía	La Oriental	1.730			S								S				
Guática	Buenos Aires	1.814				S							S				X
Guática	Ospirma	1.661		S	S								S				X
Mistrató	El Barranco	1.580			S		S						S				
Belén de Umbría	Los Cármbulos	1.400			S								S				
Santuario	Los Naranjos	1.580			S								S				
Valle del Cauca																	
Alcalá	Arturo Gómez	1.259			S		S						S				X
Caicedonia	Venecia	1.168	S		S								S				X
Sevilla	La Sirena	1.519			S										S		
El Águila	Santa Marta	1.764	S		S								S		S		
Ansermanuevo	Bellavista	1.528				S							S				X
Ansermanuevo	El Placer	1.744				S									S		X
El Cairo	Albán	1.510				S							S		S		X
Restrepo	Julio Fernández	1.381											S				X
Cauca																	
Santander de Q.	La Esperanza	1.608	S												S	S	
El Tambo	La Suecia	1.693	S												S	S	
Piendamó	La Trinidad	1.671	S												S	S	
Caldono	Madrigal	1.434	S												S		X
El Tambo	Manuel Mejía	1.735	S												S	S	
Santander de Q.	Mondomo	1.380	S												S	S	
Rosas	Portachuelo	1.695	S												S	S	
Huila																	
Timaná	Concentración	1.141													S		X
Teruel	Corrales	1.450	S											S		S	X
Algeciras	Guayabal	1.460			S									S			X
Gigante	Jorge Villamil	1.420	S											S			X
Gigante	La Primavera	1.386	S											S			X
Gigante	Montenegro	2.099			S									S			X
Garzón	Villa Consuelo	1.570												S			X
Nariño																	
La Unión	El Sauce	1.609												S		S	
Consacá	Ospina Pérez	1.603												S			X
Tolima																	
Ibagué	Chapetón	1.353			S		S								S	S	X
Cunday	El Horizonte	1.270	S		S								S			S	X
Ortega	El Recreo	1.504			S									S			

Continúa...

...continuación

Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo												Establecimiento de sombrío			
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Permanente	Transitorio		
Dolores	El Campín	1.219			S								S			S		
Líbano	El Edén	1.373											S	S				
Murillo	El Inciensial	2.400											S	S				
Anzoátegui	Janiyof	1.720			S									S				X
Líbano	La Trinidad	1.456											S	S				X
Lérida	Planes	1.223			S								S					X
Alvarado	Totarito	1.250			S								S				X	
Boyacá																		
Moniquirá	Bertha	1.677			S		S											
Cesar																		
Pueblo Bello	Pueblo Bello	1.134				S			S		S						X	
Boyacá																		
Tibacuy	Granja Tibacuy	1.538											S				X	
Cachipay	Mesitas de Santa Inés	1.340											S				X	
Mesitas del Colegio	Misiones	1.540											S				X	
Yacopí	Montelíbano	1.365			S	S												
El Peñol	Santa Rosita	1.437			S	S												
Norte de Santander																		
Chinácota	Blonay	1.250				S								S			X	
Salazar	Francisco Romero	903	S			S							S	S			X	
Convención	Gabriel María Barriga	1.261				S											X	
Santander																		
Socorro	Alberto Santos	1.499				S											X	
Los Santos	El Roble	1.646			S												X	
Floridablanca	San Antonio	1.539					S										X	

Tabla 70. Meses recomendados para la renovación en un escenario de variabilidad climática La Niña. Los colores representan el número de días del mes con condiciones de humedad en el suelo necesarias para realizar la actividad de renovación (IHS < 0,3).



Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo											
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Antioquia														
Amagá	Carimagua	1.802	R		R									
Bolívar	El Trapiche	1.277												
Fredonia	Bariloche	1.748	R							R				
Fredonia	El Olvido	971	R											R
Fredonia	La Blanquita	570	R											
Fredonia	Santa Cruz	1.400	R											

Continúa...

...continuación

Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo													
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Fredonia	Santa Isabel	1.963	R													
Jardín	Miguel Valencia	1.621			R											
Jericó	El Porvenir	1.906	R													
Támesis	La Cristalina	775	R													
Támesis	Virgen de Oro	1.656	R													
Venecia	El Rosario	1.635	R			R										
Cocorná	Cocorná	1.344	R													
Caldas																
Aguadas	Cuatro Esquinas	1.900		R												
Aguadas	Guaymaral	1.600		R												
Aguadas	San José	1.663		R												
Pácora	La Cascada	1.600				R										
Pácora	La Linda	1.750	R							R						
Salamina	La Gaviota	1.772	R							R						
La Merced	El Socorro	1.852	R													
Filadelfia	El Mirador	1.650	R								R					
Filadelfia	La Julia	1.650	R								R					
Neira	Piamonte	1.625	R								R					
Manizales	El Pistacho	1.582	R					R							R	
Manizales	Java	1.778							R						R	
Manizales	La Juliana	1.785							R						R	
Manizales	La Selva	1.312	R						R							
Manizales	Las Colinas	1.450	R							R						
Manizales	Santa Teresa	1.698								R						
Manizales	Santa Teresita	1.172	R							R						
Villamaría	Bello Horizonte	1.690							R							
Chinchiná	Cenicafé	1.310	R													
Chinchiná	La Divisa	1.590	R													
Chinchiná	La Francia	1.267	R													
Chinchiná	La Sierra	1.440	R													
Chinchiná	Moravo	1.146	R													
Chinchiná	Naranjal	1.381	R													
Palestina	El Recreo	1.430	R													
Palestina	Granja Luker	1.031	R						R							
Palestina	La Argentina	1.354	R													
Palestina	Santágueda	1.026	R							R						
Marmato	El Descanso	1.803				R										
Supía	Rafael Escobar	1.307	R					R								
Riosucio	La Argentina	1.420	R													
Riosucio	La Manuelita	1.460	R				R									
Anserma	El Tabuyo	1.669	R													
Anserma	Santa Fe	1.410	R													
Risaralda	San Lucas	1.105	R													
San José	La Divisa	1.686	R													
Viterbo	La Esmeralda	1.365	R												R	
Samaná	El Tiburio	1.403	R													
Pensilvania	Granja Kennedy	1.800	R													
Pensilvania	Hogar Juvenil	1.560	R													
Marquetalia	La Esperanza	1.463	R													
Marquetalia	Santa Helena	1.395	R													
Victoria	Cuba	1.054	R													
Victoria	La Pastorita	1.122	R													

Continúa...

...continuación

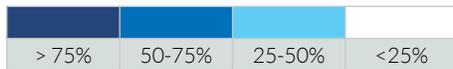
Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo											
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Quindío														
Filandia	La Esperanza	1.671								R				
Circasia	La Ilusión	1.442						R						
Quimbaya	Almacafé-Vivero	1.330	R											
Quimbaya	Maracay	1.402						R						
Montenegro	El Agrado	1.275		R					R					
Montenegro	La Julia	1.250							R					
Montenegro	Sorrento	1.203		R										
Armenia	La Pradera	1.350				R								
Armenia	Tucumán	1.250				R								R
Calarcá	El Jardín	1.365							R					
Calarcá	La Bella	1.449							R					
Calarcá	Quebradanegra	1.500			R				R					
La Tebaida	La Argentina	1.200							R					
La Tebaida	La Miranda	1.193	R					R						
Córdoba	Mónaco	1.350						R						
Buena Vista	La Esperanza	1.428								R				
Buenavista	Paraguaito	1.203							R					
Pijao	El Porvenir	1.470							R					
Génova	La Alejandría	1.600							R					
Génova	La Esperanza	1.650							R					
Risaralda														
Marsella	La Palmera	1.450			R							R		
Santa Rosa de Cabal	El Jazmín	1.635			R							R		
Dosquebradas	El Bosque	1.458			R							R		
Pereira	Combia	1.173						R						
Pereira	El Pilamo	1.113			R				R					
Pereira	La Catalina	1.321						R						
Pereira	La Playa	1.290				R				R				
Pereira	La Renta	1.194				R			R					
Pereira	Los Cámbulos	1.189			R							R		
Quinchía	El Diamante	1.550						R						
Quinchía	La Oriental	1.730	R											
Guática	Buenos Aires	1.814			R							R		
Guática	Ospirma	1.661			R							R		
Mistrató	El Barranco	1.580			R							R		
Belén de Umbría	Los Cámbulos	1.400			R							R		
Santuario	Los Naranjos	1.580						R						
Valle del Cauca														
Alcalá	Arturo Gómez	1.259			R							R		
Caicedonia	Venecia	1.168			R							R		
Sevilla	La Sirena	1.519			R							R		
El Águila	Santa Marta	1.764						R						
Ansermanuevo	Bellavista	1.528			R							R		
Ansermanuevo	El Placer	1.744			R							R		
El Cairo	Albán	1.510			R							R		
Restrepo	Julio Fernández	1.381			R							R		
Cauca														
Santander de Q.	La Esperanza	1.608										R		
El Tambo	La Suecia	1.693										R		

Continúa...

...continuación

Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo											
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Piendamó	La Trinidad	1.671							R		R			
Caldono	Madrigal	1.434							R					
El Tambo	Manuel Mejía	1735							R					
Santander de Q.	Mondomo	1.380							R					
Rosas	Portachuelo	1.695							R					
Huila														
Timaná	Concentración	1.141	R								R	R		
Teruel	Corrales	1.450						R						
Algeciras	Guayabal	1.460									R			
Gigante	Jorge Villamil	1.420									R			
Gigante	La Primavera	1.386	R						R					R
Gigante	Montenegro	2.099	R								R			
Garzón	Villa Consuelo	1.570	R						R					R
Nariño														
La Unión	El Sauce	1.609								R			R	
Consacá	Ospina Pérez	1.603	R						R				R	
Tolima														
Ibagué	Chapetón	1.353								R	R	R		
Cunday	El Horizonte	1.270								R	R	R		
Ortega	El Recreo	1.504			R							R		
Dolores	El Campín	1.219								R				
Líbano	El Edén	1.373									R	R		
Murillo	El Inciensial	2.400	R									R		
Anzoátegui	Janiyof	1.720			R							R		
Líbano	La Trinidad	1.456		R						R				
Lérida	Planes	1.223			R							R		R
Alvarado	Totarito	1.250			R							R		
Boyacá														
Moniquirá	Bertha	1.677	R		R									
Cesar														
Pueblo Bello	Pueblo Bello	1.134	R		R	R								
Cundinamarca														
Tibacuy	Granja Tibacuy	1.538								R	R			
Cachipay	Mesitas de Santa Inés	1.340								R	R			
Mesitas del Colegio	Misiones	1.540								R	R			
Yacopí	Montelíbano	1.365			R									
El Peñol	Santa Rosita	1.437			R						R			
Norte de Santander														
Chinácota	Blonay	1.250	R			R		R						R
Salazar	Francisco Romero	903				R			R					
Convención	Gabriel María Barriga	1.261	R			R		R						R
Santander														
Socorro	Alberto Santos	1.499	R			R								
Los Santos	El Roble	1.646	R			R								
Floridablanca	San Antonio	1.539	R			R								

Tabla 71. Meses recomendados para la siembra en un escenario de variabilidad climático El Niño. Los colores representan el número de días del mes con condiciones de humedad en el suelo necesarias para realizar la actividad de siembra (IHS > 0,6).



Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo												Establecimiento de sombrío	
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Permanente	Transitorio
Antioquia																
Amagá	Carimagua	1.802			S	S										
Bolívar	El Trapiche	1.277			S			S			S					X
Fredonia	Bariloche	1.748			S		S				S					
Fredonia	El Olvido	971			S					S	S					
Fredonia	La Blanquita	570			S										X	
Fredonia	Santa Cruz	1.400			S											X
Fredonia	Santa Isabel	1.963			S		S				S					
Jardín	Miguel Valencia	1.621			S								S			X
Jericó	El Porvenir	1.906					S				S					
Támesis	La Cristalina	775			S		S								X	
Támesis	Virgen de Oro	1.656	S		S			S				S				X
Venecia	El Rosario	1.635				S						S				
Cocorná	Cocorná	1.344				S					S					
Caldas																
Aguadas	Cuatro Esquinas	1.900			S						S					
Aguadas	Guaymaral	1.600			S						S					X
Aguadas	San José	1.663					S									
Pácora	La Cascada	1.600			S						S					X
Pácora	La Linda	1.750			S					S						
Salamina	La Gaviota	1.772									S					X
La Merced	El Socorro	1.852											S			
Filadelfia	El Mirador	1.650			S						S					X
Filadelfia	La Julia	1.650			S						S					X
Neira	Piamonte	1.625										S				X
Manizales	El Pistacho	1.582			S						S					X
Manizales	Java	1.778			S						S					X
Manizales	La Juliana	1.785			S						S					X
Manizales	La Selva	1.312					S						S			
Manizales	Las Colinas	1.450					S						S			X
Manizales	Santa Teresa	1.698											S			X
Manizales	Santa Teresita	1.172					S						S			
Villamaría	Bello Horizonte	1.690	S													X
Chinchiná	Cenicafé	1.310					S									X
Chinchiná	La Divisa	1.590				S							S			
Chinchiná	La Francia	1.267				S							S			
Chinchiná	La Sierra	1.440				S							S			X
Chinchiná	Moravo	1.146				S										
Chinchiná	Naranjal	1.381				S							S			
Palestina	El Recreo	1.430				S										
Palestina	Granja Luker	1.031			S						S				X	

Continúa...

...continuación

Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo												Establecimiento de sombrío		
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Permanente	Transitorio	
Palestina	La Argentina	1.354					S										
Palestina	Santágueda	1.026			S						S					X	
Marmato	El Descanso	1.803				S											
Supía	Rafael Escobar	1.307			S						S					X	
Riosucio	La Argentina	1.420					S										X
Riosucio	La Manuelita	1.460					S										X
Anserma	El Tabuyo	1.669											S				
Anserma	Santa Fe	1.410											S				X
Risaralda	San Lucas	1.105			S						S						X
San José	La Divisa	1.686						S					S				
Viterbo	La Esmeralda	1.365		S							S						X
Samaná	El Tiburio	1.403		S							S						
Pensilvania	Granja Kennedy	1.800		S							S						X
Pensilvania	Hogar Juvenil	1.560		S							S						
Marquetalia	La Esperanza	1.463		S							S						
Marquetalia	Santa Helena	1.395		S							S						
Victoria	Cuba	1.054		S							S						
Victoria	La Pastorita	1.122		S							S						
Quindío																	
Filandia	La Esperanza	1.671				S							S				
Circasia	La Ilusión	1.442				S							S				
Quimbaya	Almacafé-Vivero	1.330			S						S						X
Quimbaya	Maracay	1.402	S				S										X
Montenegro	El Agrado	1.275			S						S						X
Montenegro	La Julia	1.250											S				X
Montenegro	Sorrento	1.203			S						S						X
Armenia	La Pradera	1.350					S										X
Armenia	Tucumán	1.250			S						S						X
Calarcá	El Jardín	1.365					S						S				
Calarcá	La Bella	1.449			S						S						X
Calarcá	Quebradanegra	1.500					S						S				X
La Tebaida	La Argentina	1.200			S						S					X	
La Tebaida	La Miranda	1.193			S						S					X	
Córdoba	Mónaco	1.350					S						S				X
Buena Vista	La Esperanza	1.428					S										X
Buenavista	Paraguacito	1.203			S						S						X
Pijao	El Porvenir	1.470			S						S						X
Génova	La Alejandría	1.600											S				X
Génova	La Esperanza	1.650			S						S						X
Risaralda																	
Marsella	La Palmera	1.450				S							S				
Santa Rosa de Cabal	El Jazmín	1.635				S					S						
Dosquebradas	El Bosque	1.458				S					S						
Pereira	Combia	1.173			S						S						X
Pereira	El Pilamo	1.113			S						S						X
Pereira	La Catalina	1.321			S						S						X
Pereira	La Playa	1.290			S						S						X
Pereira	La Renta	1.194			S						S						X

Continúa...

...continuación

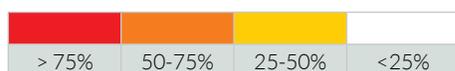
Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo												Establecimiento de sombrío			
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Permanente	Transitorio		
Pereira	Los Cábmulos	1.189			S								S					X
Quinchía	El Diamante	1.550			S								S					X
Quinchía	La Oriental	1.730				S							S					X
Guática	Buenos Aires	1.814				S							S				X	
Guática	Ospirma	1.661		S	S								S				X	
Mistrató	El Barranco	1.580			S								S					X
Belén de Umbría	Los Cábmulos	1.400			S								S					X
Santuario	Los Naranjos	1.580					S							S				
Valle del Cauca																		
Alcalá	Arturo Gómez	1.259			S								S				X	
Caicedonia	Venecia	1.168			S								S				X	
Sevilla	La Sirena	1.519			S								S				X	
El Águila	Santa Marta	1.764				S											X	
Ansermanuevo	Bellavista	1.528				S							S				X	
Ansermanuevo	El Placer	1.744				S							S				X	
El Cairo	Albán	1.510				S							S				X	
Restrepo	Julio Fernández	1.381											S				X	
Cauca																		
Santander de Q.	La Esperanza	1.608					S							S				
El Tambo	La Suecia	1.693												S		S		
Piendamó	La Trinidad	1.671				S								S				
Caldono	Madrigal	1.434											S				X	
El Tambo	Manuel Mejía	1.735												S		S		X
Santander de Q.	Mondomo	1.380				S							S					X
Rosas	Portachuelo	1.695				S								S		S		
Huila																		
Timaná	Concentración	1.141												S				X
Teruel	Corrales	1.450											S	S	S			X
Algeciras	Guayabal	1.460											S				X	
Gigante	Jorge Villamil	1.420											S				X	
Gigante	La Primavera	1.386											S				X	
Gigante	Montenegro	2.099											S				X	
Garzón	Villa Consuelo	1.570											S				X	
Nariño																		
La Unión	El Sauce	1.609											S					X
Consacá	Ospina Pérez	1.603											S				X	
Tolima																		
Ibagué	Chapetón	1.353			S								S				X	
Cunday	El Horizonte	1.270			S								S				X	
Ortega	El Recreo	1.504				S							S					
Dolores	El Campín	1.219				S				S	S							
Líbano	El Edén	1.373				S				S	S							
Murillo	El Inciensial	2.400		S						S								
Anzoátegui	Janiyof	1.720			S					S								X
Líbano	La Trinidad	1.456				S				S	S							X
Lérida	Planes	1.223			S		S			S								X
Alvarado	Totarito	1.250			S					S							X	

Continúa...

...continuación

Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo												Establecimiento de sombrero	
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Permanente	Transitorio
Boyacá																
Moniquirá	Bertha	1.677			S			S								
Cesar																
Pueblo Bello	Pueblo Bello	1.134			S						S				X	
Cundinamarca																
Tibacuy	Granja Tibacuy	1.538									S				X	
Cachipay	Mesitas de Santa Inés	1.340									S				X	
Mesitas del Colegio	Misiones	1.540									S				X	
Yacopí	Montelíbano	1.365				S						S				
El Peñol	Santa Rosita	1.437				S								S		
Norte de Santander																
Chinácota	Blonay	1.250				S									X	
Salazar	Francisco Romero	903				S					S				X	
Convención	Gabriel María Barriga	1.261				S									X	
Santander																
Socorro	Alberto Santos	1.499				S									X	
Los Santos	El Roble	1.646			S										X	
Floridablanca	San Antonio	1.539					S								X	

Tabla 72. Meses recomendados para la renovación en un escenario de variabilidad climática El Niño. Los colores representan el número de días del mes con condiciones de humedad en el suelo necesarias para realizar la actividad de renovación (IHS < 0,3).



Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo											
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Antioquia														
Amagá	Carimágua	1.802	R	R	R									
Bolívar	El Trapiche	1.277	R	R	R									
Fredonia	Bariloche	1.748		R										
Fredonia	El Olvido	971	R	R	R									
Fredonia	La Blanquita	570	R	R	R									
Fredonia	Santa Cruz	1.400	R	R	R									
Fredonia	Santa Isabel	1.963	R	R	R									
Jardín	Miguel Valencia	1.621	R	R	R								R	
Jericó	El Porvenir	1.906		R										
Támesis	La Cristalina	775	R	R	R									
Támesis	Virgen de Oro	1.656		R										

Continúa...

...continuación

Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo											
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Venecia	El Rosario	1.635	R	R	R	R					R			
Cocorná	Cocorná	1.344			R	R					R			
Caldas														
Aguadas	Cuatro Esquinas	1.900	R	R	R						R			
Aguadas	Guaymaral	1.600	R	R							R			
Aguadas	San José	1.663	R	R										
Pácora	La Cascada	1.600	R	R					R		R			
Pácora	La Linda	1.750	R	R						R				
Salamina	La Gaviota	1.772		R							R			
La Merced	El Socorro	1.852		R						R				
Filadelfia	El Mirador	1.650	R	R							R			
Filadelfia	La Julia	1.650	R	R							R			
Neira	Piamonte	1.625	R	R					R		R			
Manizales	El Pistacho	1.582	R	R							R			
Manizales	Java	1.778	R	R							R			
Manizales	La Juliana	1.785			R							R		
Manizales	La Selva	1.312	R	R						R				
Manizales	Las Colinas	1.450	R	R					R					
Manizales	Santa Teresa	1.698	R	R							R			
Manizales	Santa Teresita	1.172	R							R				
Villamaría	Bello Horizonte	1.690					R				R			
Chinchiná	Cenicafé	1.310	R											
Chinchiná	La Divisa	1.590	R	R										
Chinchiná	La Francia	1.267	R											
Chinchiná	La Sierra	1.440			R									
Chinchiná	Moravo	1.146		R										
Chinchiná	Naranjal	1.381		R										
Palestina	El Recreo	1.430	R											
Palestina	Granja Luker	1.031	R		R						R			
Palestina	La Argentina	1.354	R											
Palestina	Santágueda	1.026	R		R						R			
Marmato	El Descanso	1.803	R					R			R			
Supía	Rafael Escobar	1.307	R		R						R			
Riosucio	La Argentina	1.420		R							R			
Riosucio	La Manuelita	1.460	R								R			
Anserma	El Tabuyo	1.669	R		R						R			
Anserma	Santa Fe	1.410	R								R			
Risaralda	San Lucas	1.105	R								R			
San José	La Divisa	1.686			R									
Viterbo	La Esmeralda	1.365	R		R						R			
Samaná	El Tiburio	1.403		R							R			
Pensilvania	Granja Kennedy	1.800		R							R			
Pensilvania	Hogar Juvenil	1.560		R							R			
Marquetalia	La Esperanza	1.463		R							R			
Marquetalia	Santa Helena	1.395		R							R			
Victoria	Cuba	1.054		R							R			
Victoria	La Pastorita	1.122		R							R			
Quindío														
Filandia	La Esperanza	1.671		R							R			
Circasia	La Ilusión	1.442		R							R			

Continúa...

...continuación

Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo												
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Quimbaya	Almacafé-Vivero	1.330	R						R						
Quimbaya	Maracay	1.402		R					R						
Montenegro	El Agrado	1.275	R					R							
Montenegro	La Julia	1.250	R					R							
Montenegro	Sorrento	1.203	R						R						
Armenia	La Pradera	1.350	R						R						
Armenia	Tucumán	1.250	R					R							
Calarcá	El Jardín	1.365		R					R						
Calarcá	La Bella	1.449	R												
Calarcá	Quebradanegra	1.500		R						R					
La Tebaida	La Argentina	1.200	R					R							
La Tebaida	La Miranda	1.193	R					R							
Córdoba	Mónaco	1.350	R						R						
Buena Vista	La Esperanza	1.428		R						R					
Buenavista	Paraguaicito	1.203	R					R							
Pijao	El Porvenir	1.470	R					R							
Génova	La Alejandría	1.600		R											
Génova	La Esperanza	1.650						R							
Risaralda															
Marsella	La Palmera	1.450		R											R
Santa Rosa de Cabal	El Jazmín	1.635	R						R						
Dosquebradas	El Bosque	1.458	R						R						
Pereira	Combia	1.173	R						R						
Pereira	El Pilamo	1.113	R						R						
Pereira	La Catalina	1.321	R						R						
Pereira	La Playa	1.290	R						R						
Pereira	La Renta	1.194	R						R						
Pereira	Los Cábulos	1.189	R						R						
Quinchía	El Diamante	1.550	R						R						
Quinchía	La Oriental	1.730	R												
Guática	Buenos Aires	1.814	R						R						R
Guática	Ospirma	1.661	R						R						R
Mistrató	El Barranco	1.580	R						R						R
Belén de Umbría	Los Cábulos	1.400	R							R					
Santuario	Los Naranjos	1.580		R											
Valle del Cauca															
Alcalá	Arturo Gómez	1.259	R						R						
Caicedonia	Venecia	1.168	R						R						
Sevilla	La Sirena	1.519	R						R						
El Águila	Santa Marta	1.764	R						R						
Ansermanuevo	Bellavista	1.528	R						R						R
Ansermanuevo	El Placer	1.744	R						R						R
El Cairo	Albán	1.510	R						R						R
Restrepo	Julio Fernández	1.381	R						R						R
Cauca															
Santander de Q.	La Esperanza	1.608	R							R					
El Tambo	La Suecia	1.693								R					
Piendamó	La Trinidad	1.671	R						R						
Caldono	Madrigal	1.434							R						
El Tambo	Manuel Mejía	1.735							R						

Continúa...

...continuación

Municipio	Estación	Altitud (m)	Disponibilidad de la humedad en el suelo												
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Santander de Q.	Mondomo	1.380						R							
Rosas	Portachuelo	1.695							R						
Huila															
Timaná	Concentración	1.141										R		R	
Teruel	Corrales	1.450	R									R		R	
Algeciras	Guayabal	1.460										R		R	
Gigante	Jorge Villamil	1.420										R		R	
Gigante	La Primavera	1.386										R		R	
Gigante	Montenegro	2.099										R		R	
Garzón	Villa Consuelo	1.570										R		R	
Nariño															
La Unión	El Sauce	1.609												R	
Consacá	Ospina Pérez	1.603												R	
Tolima															
Ibagué	Chapetón	1.353			R								R		
Cunday	El Horizonte	1.270			R								R		
Ortega	El Recreo	1.504											R		
Dolores	El Campín	1.219	R									R			
Libano	El Edén	1.373	R									R			
Murillo	El Inciensial	2.400	R										R		
Anzoátegui	Janiyof	1.720			R								R		
Libano	La Trinidad	1.456			R								R		
Lérida	Planes	1.223			R								R		
Alvarado	Totarito	1.250			R								R		
Boyacá															
Monquirá	Bertha	1.677			R										
Cesar															
Pueblo Bello	Pueblo Bello	1.134				R									
Cundinamarca															
Tibacuy	Granja Tibacuy	1.538												R	
Cachipay	Mesitas de Santa Inés	1.340												R	
M. del Colegio	Misiones	1.540												R	
Yacopí	Montelíbano	1.365		R								R			
El Peñol	Santa Rosita	1.437	R									R			
Norte de Santander															
Chinácota	Blonay	1.250				R									
Salazar	Francisco Romero	903		R											
Convención	Gabriel María Barriga	1.261				R									
Santander															
Socorro	Alberto Santos	1.499				R	R								
Los Santos	El Roble	1.646				R	R								
Floridablanca	San Antonio	1.539				R	R								

Variabilidad climática inter-anual asociada a El Niño-La Niña (ENSO) en la temperatura media del aire en la zona cafetera. En 56 estaciones climáticas de la Red Meteorológica de la Federación Nacional de Cafeteros, se determinó mensualmente la

temperatura media del aire, con el fin de determinar condiciones de variabilidad climática (Neutro, La Niña y El Niño), mediante la estimación de los percentiles al 50% y al 90% para determinar la variabilidad de la temperatura media del aire (Tabla 73).

Tabla 73. Variabilidad de la temperatura media del aire.

Departamento	Estación	T 50%(Media) Neutro	T 50%(Media) La Niña	T 50%(Media) El Niño	Diferencia (°C) Neutro/ La Niña	Diferencia (°C) Neutro/ El Niño	Diferencia (°C) La Niña/El Niño
Antioquia	Cocorná	21,28	20,85	21,80	0,44	0,52	0,95
Antioquia	El Rosario	20,08	19,56	20,85	0,51	0,77	1,29
Antioquia	El Trapiche	21,81	21,25	22,39	0,55	0,58	1,13
Antioquia	La Cristalina	25,21	24,61	26,08	0,60	0,88	1,48
Antioquia	Miguel Valencia	19,08	18,93	19,58	0,16	0,49	0,65
Antioquia	Virgen de Oro	20,10	19,34	20,85	0,76	0,75	1,51
Boyacá	Bertha	18,75	18,42	19,22	0,33	0,47	0,79
Caldas	Agronomía	16,68	16,23	17,26	0,44	0,58	1,03
Caldas	Cenicafé	21,03	20,49	21,69	0,54	0,66	1,20
Caldas	El Algarrobo	21,50	21,07	21,89	0,44	0,39	0,82
Caldas	Granja Luker	22,87	22,66	23,43	0,21	0,56	0,77
Caldas	Llanadas	19,83	19,45	20,42	0,37	0,59	0,96
Caldas	Naranjal	20,93	20,51	21,46	0,42	0,53	0,95
Caldas	Planalto	20,77	20,29	21,50	0,48	0,73	1,21
Caldas	Rafael Escobar	21,88	21,55	22,69	0,33	0,81	1,14
Caldas	Santágueda	22,91	22,64	23,43	0,27	0,53	0,80
Cauca	La Florida	17,73	17,29	18,39	0,43	0,66	1,10
Cauca	La Trinidad	19,06	18,54	19,69	0,52	0,62	1,15
Cauca	Manuel Mejía	18,41	18,03	18,95	0,38	0,54	0,91
Cesar	Pueblo Bello	20,91	20,69	21,41	0,21	0,51	0,72
Cundinamarca	Granja Tibacuy	19,31	18,94	19,78	0,38	0,47	0,85
Cundinamarca	Mesitas Santa Inés	20,49	19,86	20,99	0,64	0,50	1,13
Cundinamarca	Misiones	19,88	19,40	20,38	0,48	0,50	0,98
Cundinamarca	Montelíbano	20,39	19,83	20,93	0,56	0,53	1,09
Cundinamarca	Santa Bárbara	20,03	19,75	20,62	0,27	0,59	0,86
Cundinamarca	Santa Rosita	20,24	19,80	20,65	0,44	0,41	0,85
Huila	Jorge Villamil	19,77	19,38	20,16	0,39	0,39	0,79
Nariño	El Sauce	19,86	19,26	20,44	0,60	0,57	1,18
Nariño	Ospina Pérez	19,12	18,73	19,63	0,39	0,51	0,90
Norte de Santander	Blonay	20,06	19,66	20,56	0,39	0,50	0,90
Norte de Santander	Francisco Romero	21,92	21,55	22,46	0,37	0,54	0,91
Norte de Santander	Gabriel María Barriga	20,36	20,05	20,87	0,31	0,51	0,82
Quindío	El Agrado	21,77	20,93	22,51	0,84	0,74	1,58
Quindío	La Bella	20,29	19,79	20,88	0,50	0,59	1,09
Quindío	Maracay	20,65	20,22	21,20	0,43	0,55	0,98
Quindío	Paraguaito	21,73	21,22	22,21	0,50	0,49	0,99
Santander	Alberto Santos	20,64	20,18	21,21	0,46	0,57	1,03
Santander	El Roble	19,17	18,80	19,55	0,37	0,39	0,75
Santander	San Antonio	19,58	19,19	20,05	0,39	0,47	0,86
Risaralda	El Cedral	15,06	14,66	15,50	0,40	0,45	0,85

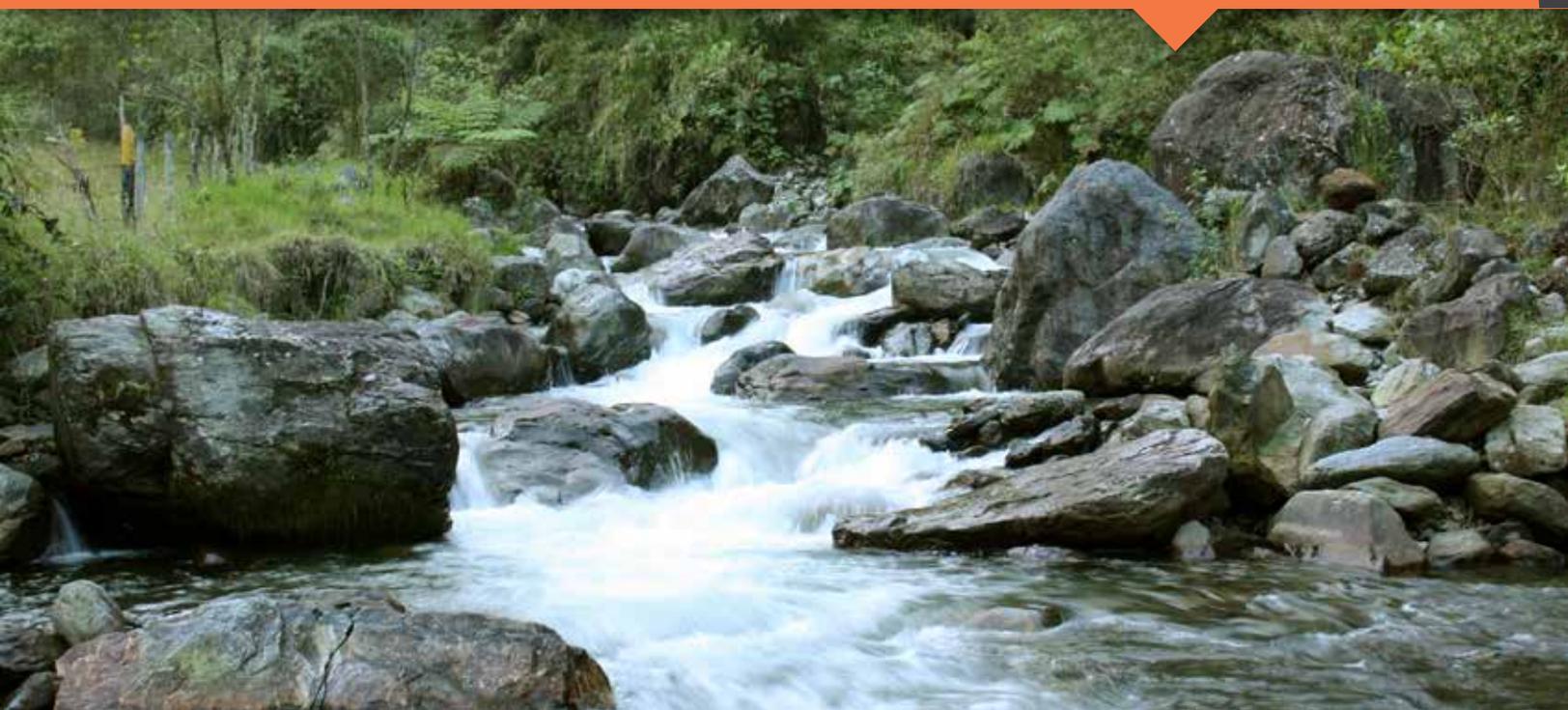
Continúa...

...continuación

Departamento	Estación	T 50%(Media) Neutro	T 50%(Media) La Niña	T 50%(Media) El Niño	Diferencia (°C) Neutro/ La Niña	Diferencia (°C) Neutro/ El Niño	Diferencia (°C) La Niña/El Niño
Risaralda	El Jazmín	19,39	18,94	19,91	0,45	0,52	0,96
Risaralda	La Catalina	21,53	20,95	21,97	0,59	0,44	1,03
Risaralda	El Pílamó	22,55	22,08	23,04	0,47	0,49	0,96
Risaralda	Ingenio Risaralda	23,45	23,32	24,06	0,13	0,61	0,74
Risaralda	Ospirma	19,16	18,70	19,92	0,46	0,76	1,22
Tolima	Chapetón	20,43	19,90	20,83	0,54	0,40	0,93
Tolima	La Trinidad	20,04	19,80	20,52	0,24	0,48	0,71
Tolima	El Limón	22,91	22,42	23,20	0,49	0,29	0,78
Tolima	La Montaña	21,02	19,06	21,50	1,96	0,48	1,44
Tolima	Luis Bustamante	18,93	18,23	19,20	0,70	0,27	0,97
Valle	Julio Fernández	19,93	19,62	20,43	0,31	0,51	0,82
Valle	La Sirena	19,60	18,99	20,13	0,61	0,54	1,14
Valle	Albán	19,57	19,09	20,00	0,48	0,43	0,91
Valle	Arturo Gómez	21,32	20,85	21,91	0,47	0,59	1,06
Valle	Manuel Mejía Mallarino	21,02	20,48	21,47	0,54	0,45	0,99
Valle	Venecia	22,28	21,84	22,89	0,44	0,61	1,05



Programa Gestión Inteligente del Agua (GIA)



PROGRAMA GESTIÓN INTELIGENTE DEL AGUA (GIA)

La Gestión Inteligente del Agua es un programa que contribuye a mejorar la capacidad de resistencia del sector cafetero colombiano en general, y de las 563.000 familias caficultoras en particular, contra los desafíos del cambio climático y del agua, a través de la mejora del desempeño ambiental en las explotaciones agrícolas y las cuencas hidrográficas, mediante la implementación de planes de gestión del agua adecuados a las necesidades y circunstancias locales, así como generando estructuras de conocimiento y cooperación necesarias para la efectividad de los planes. Con este programa se pretende aumentar el bienestar de las familias gracias a mejores ingresos, debido al fortalecimiento de las condiciones productivas y reducción de riesgos por daños y catástrofes ambientales, así como con el mejoramiento de los ecosistemas locales. Esto contribuye al proceso de desarrollo sostenible en las zonas rurales, que son uno de los pilares para el crecimiento y la convivencia pacífica en Colombia, por ser un país con gran potencial agrícola.

Las actividades de este proyecto se desarrollarán en torno a cuatro resultados principales:

1. **El agua es asunto de todos:** 50 instituciones claves de los sectores público, privado, académico y civil colaborarán y participarán, asumiendo su responsabilidad frente al agua y el medioambiente, dentro del marco de una Asociación Pública Privada (APP).
2. **Agua para una caficultura sostenible:** 44.000 caficultores (11.000 familias) en 25 municipios de Antioquia, Caldas, Valle del Cauca, Cauca y Nariño (cinco regiones) mejorarán sus indicadores de desempeño ambiental y sus sistemas de producción, para ser competitivos y sostenibles, gestionando los riesgos relacionados con el agua y el clima.
3. **Ecosistemas hídricos estratégicos:** 500.000 usuarios tendrán acceso a agua, en mejor calidad y cantidad, proveniente de 25 ríos anexos a la cuenca Cauca-Magdalena.
4. **Decisiones responsables frente al agua:** Un Sistema de Monitoreo de Agua y Clima operará en 25 estaciones, proporcionando información sobre el comportamiento hidro-climático para generar alertas tempranas de prevención y

adaptación a nivel local, regional, nacional e internacional.

En el marco de una asociación público-privada se movilizarán los conocimientos necesarios de capacidad y recursos para implementar acciones de alto impacto, que no serían posibles a través de acciones individuales, debido al alcance y complejidad de los retos a afrontar.

Nestlé, Nespresso y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia aportan su capacidad de ejecución y convocatoria en el sector privado y cafetero nacional e internacional, para el fortalecimiento de la cadena de valor; el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural asegura la alineación e integración de la propuesta con los programas y políticas públicas en materia de agua en Colombia. Cenicafé y la Universidad de Wageningen aportan el conocimiento y tecnologías apropiadas para el manejo del agua y las redes de difusión y réplica en el ámbito académico y científico, dentro y fuera del país. El Ministerio Holandés de Relaciones Exteriores/Agency NL/FDW realiza aportes económicos para alcanzar los objetivos propuestos. El proyecto es único en su tipo por su cobertura y potencial de multiplicación del impacto y sienta las bases para nuevas alianzas público-privadas APP y movilización de recursos adicionales de hasta un 50% frente a la inversión inicial.

A continuación se presentan los principales avances en los proyectos 2, 3 y 4, liderados por Cenicafé.

Proyecto 2. Agua para una caficultura sostenible

Este proyecto articula ocho paquetes de trabajo, desarrollados por un equipo interdisciplinario conformado por la Gerencia Técnica, la Fundación Manuel Mejía y Cenicafé, a saber:

- **Línea base:** Cuyo objetivo es caracterizar con criterios de sostenibilidad las personas agricultoras y sus predios.
- **Planes de mejoramiento en finca - Beneficio:** El cual busca diseñar e implementar un plan de acción para el uso eficiente del recurso hídrico y la disminución de la contaminación en las instalaciones para el beneficio del café.

- **Planes de mejoramiento en finca - Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR):** Cuyo objetivo es reducir la contaminación y el consumo del agua mediante la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y de café y de dispositivos de ahorro de agua en las fincas.
- **Análisis económico en finca:** Con el fin de generar un modelo de medición del impacto económico a nivel de pequeños, medianos y grandes productores y para todo el Programa GIA.
- **Plan de Formación Multinivel:** El cual busca aumentar el conocimiento y el compromiso por parte de los productores de café, mediante el diseño de una estrategia de capacitación y sensibilización en temas relacionados con el agua, su uso y conservación eficiente.
- **Programa de Asistencia Técnica:** Para prestar acompañamiento técnico con el fin de que las familias participantes en el programa GIA, adopten Buenas Prácticas Agrícolas y de Manufactura en sus fincas e implementen estrategias para el adecuado manejo de los recursos naturales, y en especial del agua.
- **Plan de transferencia y sostenibilidad:** Cuyo objetivo es contribuir a la apropiación y mantenimiento de los beneficios y capacidades generados en las zonas de influencia del Programa Gestión Inteligente del Agua.
- **Diseño del Fondo del Agua:** Con el fin de diseñar y estructurar operativamente el Fondo de Agua & Café como un instrumento financiero que ayude a fortalecer la sostenibilidad productiva, en el marco de la protección ambiental, específicamente en las zonas de impacto del Programa GIA.

Línea Base. Durante este año de planeación se levantó información en el campo que permitió generar el diagnóstico de sostenibilidad de las 25 microcuencas en los componentes ambiental, económico y social. Teniendo como base los resultados de la caracterización, se construyeron las propuestas de implementación para los paquetes de Análisis Económico en finca, Plan de Formación Multinivel, Programa de Asistencia Técnica, Plan de transferencia y sostenibilidad, y Diseño del Fondo del Agua.

Para cada dimensión de sostenibilidad (ambiental, técnico-económico y social), específicamente para el componente **finca**, se presentan los resultados generales del análisis para las 25 microcuencas.

Índice componente ambiental: El resultado de este indicador para cinco de las 25 microcuencas analizadas estuvo entre 0,26 y 0,28; las 20 restantes alcanzaron valores entre 0,31 y 0,40 (Figura 136). Con referencia al recurso hídrico, dentro de los criterios evaluados se encontró que en la mayoría de las microcuencas, los predios visitados tienen disponibilidad de agua en la finca procedente de nacimientos propios, de nacimientos de otras fincas, de acueductos veredales y/o municipales, y en muy baja proporción de quebradas, arroyos o ríos. El agua que llega a la mayoría de las fincas es de aspecto transparente, y en muy baja proporción de fincas usan dispositivos que permitan ahorrar agua en sus casas y en el proceso productivo de café; menos de la mitad de las fincas de cada microcuenca hacen tratamiento a las aguas residuales domésticas, igualmente el tratamiento a las aguas residuales del café se realiza en muy pocas fincas.

En cuanto al manejo de residuos, se puede concluir que más de la mitad de las fincas visitadas realizan clasificación de residuos sólidos inorgánicos aprovechables, pero no los acopian en un lugar adecuado; adicionalmente, incurren en la mala práctica de quemar o enterrar los residuos; aproximadamente la mitad de las fincas cuentan con fosa para compostar pulpa; en las microcuencas, menos de la mitad de las fincas les realizan triple lavado, inutilizan y mantienen la etiqueta a los envases vacíos de agroquímicos, muy pocos predios cuentan con un centro de acopio temporal para los mismos y un número muy reducido de ellos los entregan a una entidad diferente a la del aseo.

Índice técnico - económico: Para las 25 microcuencas evaluadas se observa que para la práctica relacionada con el criterio del porcentaje de germinación, 13 de las 25 microcuencas obtuvieron una calificación entre 0,02 y 0,05 valores que para efectos de la aplicación de la tabla universal de indicadores para medición de impactos no es buena, por lo que para éste y otros criterios deben enfocarse en la mejora de estos aspectos. Para las 12 microcuencas restantes, el criterio no fue tenido en cuenta para la elaboración del cálculo, debido a que al momento de la toma de la información en el campo no se estaba realizando alguna práctica asociada al proceso del germinador (Figura 137).

La misma situación se presenta para los criterios porcentaje de colinos que se llevan al lote (almácigo) y manejo del cultivo; si bien, para tres microcuencas no fue tenido en cuenta el primer criterio mencionado para el cálculo de la calificación, éstas en su orden se encuentran entre 0,02 y 0,16 y entre 0,00 y 0,04



Figura 136. Diagnóstico línea base por dimensión de sostenibilidad -Componente ambiental.

respectivamente (Figura 137), esto significa que algunos de los criterios evaluados no se realizan ni parcial ni totalmente, lo que lleva a la disminución en la calificación de la microcuenca. Entre los criterios comúnmente encontrados para la no realización de la buena práctica o realización parcial de la misma se tiene por ejemplo, la adquisición de los colinos por fuera de los Comité de Cafeteros y no evaluar la calidad del mismo al momento de la siembra; para el caso específico del manejo del cultivo, las prácticas que comúnmente no se realizan son: la fertilización con base en el análisis de suelo y la evaluación del nivel de infestación de plagas y enfermedades, y en caso de realizarla no aplican algunos de los tipos de control recomendados.

Es destacable el criterio tenido en cuenta para las resiembras, ya que cuatro de las 25 microcuencas tienen una calificación excelente, que va desde 0,95 a 1,0, lo que indica que para ellas no hubo que hacer recuperación de sitios perdidos; ocho microcuencas están en el orden de 0,71 a 0,89 lo que indica que sí

han tenido que hacer resiembras, pero las identifican y las hacen a tiempo. Ocho microcuencas se encuentran en el rango de 0,50 a 0,56, y cinco se encuentran entre 0,30 y 0,45 respectivamente, lo que indica que en estas últimas 13 microcuencas deben enfocarse en mejorar en este aspecto (Figura 137).

Para los criterios de beneficio y secado se tiene que tres de las 25 microcuencas no presentaron rechazos al momento de la venta del café, ni por humedad ni por defectos en el grano, con calificaciones entre 0,91 y 0,95; dos, sí los han tenido, con calificaciones de 0,11. En general, las otras 20 microcuencas tuvieron algún tipo de rechazo, algunos a causa de la humedad y otros por defectos en el grano, especialmente por granos flojos, sobre secados, negros y picados por insectos (Figura 137).

En conclusión, el indicador para el cultivo se ve afectado negativamente por los aspectos descritos; si bien unas microcuencas tienen fortalezas en cuanto a la recuperación de sitios perdidos y al no

tener problemas con la venta del grano, si es común para todas, no adquirir el colino o la chapola a través del Comité de Cafeteros, se obtienen a través de un tercero y no se evalúa la calidad de los mismos al momento de la siembra. Otros aspectos se reflejan en la falta de la fertilización con base en el análisis de suelo y en la falta de evaluación de plagas y enfermedades en el cultivo, situación que conlleva a priorizar en estos aspectos en el momento de la intervención.

En general, para las 25 microcuencas, en la dimensión técnico-económica por los valores alcanzados en la medición, se identifican oportunidades importantes de mejoramiento, lo que puede contribuir al mejoramiento de la eficiencia de los factores que determinan la productividad del cultivo.

Índice del componente social: Las 25 microcuencas muestran un buen desempeño. Con base a las variables y criterios con los que fue construido el índice del componente social, la

variable que mayor problemáticas presenta es la de infraestructura de la vivienda (Figura 138). En la mayoría de las microcuencas las fincas deben mejorar las condiciones de pisos, techos y ventilación de dormitorios y cocina, así como las condiciones de lavamanos, inodoros y duchas. En general, las fincas no se encuentran bajo una condición de hacinamiento, en la mayor parte de los casos se reportan menos de tres personas por dormitorio. La mayoría de personas encuestadas se encuentran actualmente afiliadas a un sistema de salud, dando cabal cumplimiento a la normativa legal vigente. De igual forma, la minoría de personas encuestadas es analfabeta, lo que es dicente dado que la mayor parte de población analfabeta en el país se ubica en zona rural. Por último, se muestra importante enfatizar que, si bien el comportamiento en las 25 microcuencas posee acceso y disponibilidad constante de alimentos en el último año, existe un número significativo de encuestados que reportaron haber tenido limitaciones en este último aspecto.

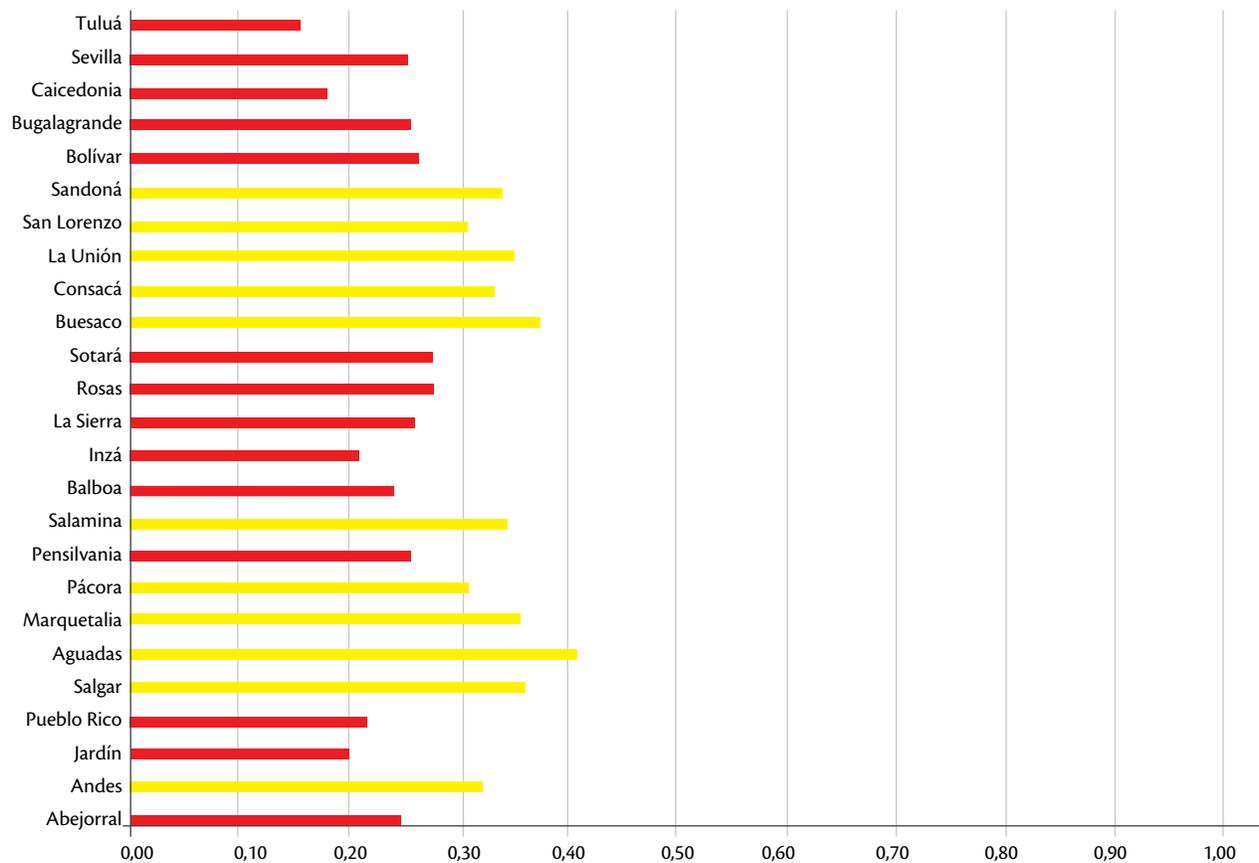


Figura 137. Diagnóstico línea base por dimensión de sostenibilidad -Componente técnico-económico.

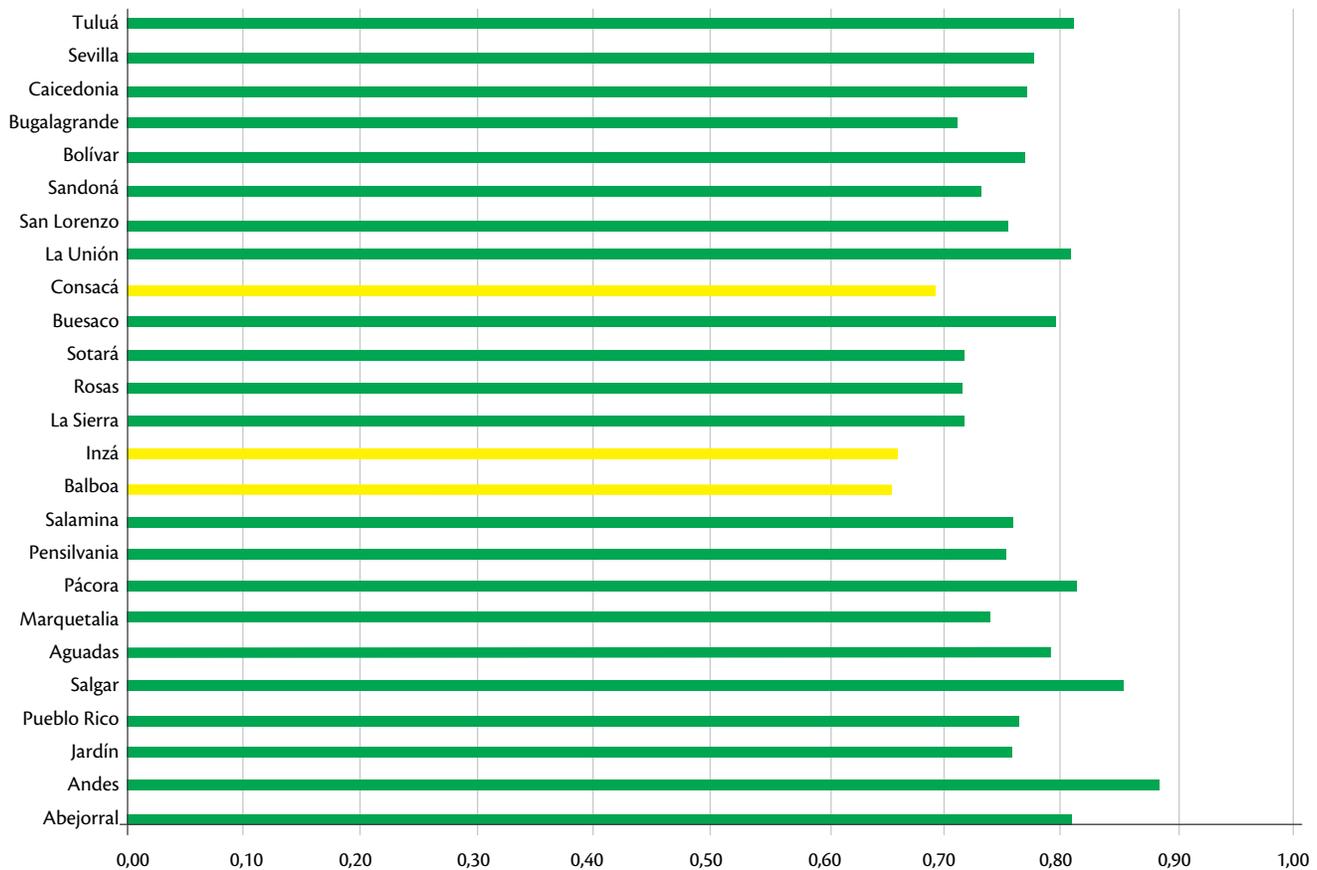


Figura 138. Diagnóstico línea base por dimensión de sostenibilidad -Componente social.

Planes de mejoramiento en finca - Beneficio.

La caracterización realizada a nivel de finca definió las tecnologías de beneficio empleadas y el manejo de los subproductos de beneficio de café (pulpa y mucílago). Para cada microcuenca se generaron y analizaron: 1) los valores porcentuales del uso de las tecnologías de beneficio; 2) considerando los resultados del estudio de balance de contaminación generados por Cenicafé se clasificaron las fincas de acuerdo a la contaminación generada y 3) con los valores de consumo específico de agua determinados por Cenicafé para las tecnologías de beneficio, se agruparon las fincas de acuerdo al estimado en el consumo global de agua.

Dentro de las tecnologías y prácticas consultadas en la encuesta no se reporta para alguna de las microcuencas el enjuague en hidrociclón cuando el café es lavado en tanque de fermentación tradicional o en el tanque tina, como tampoco la clasificación de café desmucilaginado con tanque con motobomba.

Departamento de Antioquia. Para este departamento las microcuencas y los cuerpos de agua seleccionados fueron: Andes (quebrada la Chaparrala), Abejorral (río Buey), Jardín (quebrada San Bartolo), Pueblo Rico (quebrada La Leona) y Salgar (quebrada La Gulunga).

En la Tabla 74 se consigna el porcentaje de uso de las tecnologías para cada una de las microcuencas. Se hace evidente que entre un 11% a 28% en los predios encuestados no existe infraestructura de beneficio, y como en el caso de la microcuenca de Abejorral el 44,2% de lo predios no tienen energía eléctrica, lo que se asocia a que una proporción al menos de despulpadoras son accionadas por medio manual.

Las despulpadoras por lo común son de cilindro horizontal. No obstante, Salgar reporta un 7,7% de uso despulpadora de disco y un 5,5% de cilindro vertical, esta última asociada a fincas de gran tamaño. En esta misma microcuenca las fincas en 2,56% emplean

tanque sifón y el lavado mecánico en un 2,56%. El empleo de agua en el despulpado es una constante al menos en la mitad de las fincas de las microcuencas, con excepción a Andes con un 81,8% de fincas que han obviado esta práctica.

El 2,38% de las fincas en Jardín realiza enjuague en canal semisumergido, en Salgar el 2,56% de los predios emplea enjuague con motobomba sumergible y esta misma tecnología en Andes la emplea el 2,22% de los encuestados. El empleo de banda transportadora

para manejo de pulpa solo lo reporta Pueblo Rico en el 2,22% de las fincas.

En todas las microcuencas, menos del 7% de las fincas emplean equipos de desmucilaginado mecánico.

Abejorral es la microcuenca donde el 51,2% de los caficultores guardan el café húmedo más de 2 días para exponerlo al secado. Por su parte el 10,3% de los caficultores también guarda el café húmedo, y en la misma proporción lo venden mojado.

Tabla 74. Porcentaje de uso de tecnologías de beneficio para las microcuencas del departamento de Antioquia.

Etapa del beneficio	Tecnología o práctica	Abejorral	Andes	Jardín	Pueblo Rico	Salgar
Recibo de café cereza	La finca tiene beneficiadero	88,37	86,67	76,19	82,22	71,79
	Cuenta con energía eléctrica	55,8	86,7	61,9	80	87,2
	Tolva seca	25,6	88,9	42,9	40	56,4
	Tolva húmeda	48,8	8,9	26,2	46,7	33,3
Clasificación cereza	Clasifica el café cereza	0	0	2,4	0	2,6
	Clasifica en caneca con agua	0	0	2,4	0	0
	Reutiliza el agua con la caneca	0	0	0	0	0
Despulpadora	Hay despulpadora	88,4	97,8	90,5	88,9	79,5
	Cilindro horizontal	88,4	97,8	90,5	91,1	82,1
	Cilindro vertical	2,3	0	0	0	5,1
	Disco	0	0	0	0	7,7
Despulpado	Despulpa con agua	67,4	22,2	54,8	51,1	46,2
	Transporta el café despulpado con agua	32,6	40	21,4	33,3	61,5
Clasificación café despulpado	Clasifica el café despulpado	51,2	73,3	78,6	82,2	94,9
	Zaranda plana de vaivén	44,2	20	47,6	62,2	56,4
	Zaranda cilíndrica de varillas	4,7	20	11,9	17,8	25,6
	Zaranda cilíndrica de lámina troquelada	2,3	33,3	19,0	2,2	12,8
Fermentación	Fermentación natural	79,1	95,6	88,1	88,9	89,7
	Tanque de fermentación tradicional	69,8	86,7	71,4	80	51,3
	Tanque tina	0	4,4	4,8	0	10,3
	Otro tanque o recipiente	9,3	6,7	7,1	6,7	28,2
Lavado	Lava después de la fermentación	79,1	95,6	85,7	86,7	92,3
	Lava en tanque de fermentación	72,1	11,1	64,3	26,7	15,4
	Técnica de enjuagues	67,4	11,1	57,1	28,9	15,4
	Lava en canal de correteo	34,9	80	38,1	60	74,4
Desmucilaginado mecánico	Desmucilaginado mecánico	2,3	6,7	7,1	2,2	2,6
	DESLIM	0	33,3	100	100	100
	Varillas	2,3	66,7		0	0
	Clasifica el café desmucilaginado	0	2,2	0	0	2,6
	Clasifica en canal de correteo	0	2,2	0	0	2,6
Transporte de pulpa	Por gravedad	83,7	77,8	81,0	60	71,8
	Por medio hidráulico	7,0	4,4	7,1	26,7	23,1
	Con tornillos sinfín	0	11,1	2,4	4,4	2,6
Café húmedo	Vende café mojado	0	0	0	0	10,3
	Guarda el café lavado más de 2 días	51,2	0	0	4,4	10,3

Datos adicionales son para el transporte de café cereza del cultivo al beneficiadero por medio de café ducto, práctica que en Andes es del 4,44%, en Pueblo Rico del 2,22%, y en Salgar del 17,95%.

La Figura 139 representa el control de contaminación para las microcuencas, se evidencia un mínimo control en el manejo de subproductos generando, por ende, muy alta contaminación, siendo esta práctica superior al 50% y 60% en las microcuencas de Pueblo Rico y Andes, respectivamente, y superior al 70% en las microcuencas de Abejorral, Jardín y Salgar.

En la Figura 140 se evidencia cómo el empleo de tecnología como el canal de correteo en Salgar y Andes, 74,4% y 80%, respectivamente, hace que alrededor del 80% de las fincas tengan consumo específicos de agua superiores a los 10 L.kg⁻¹ de cps.

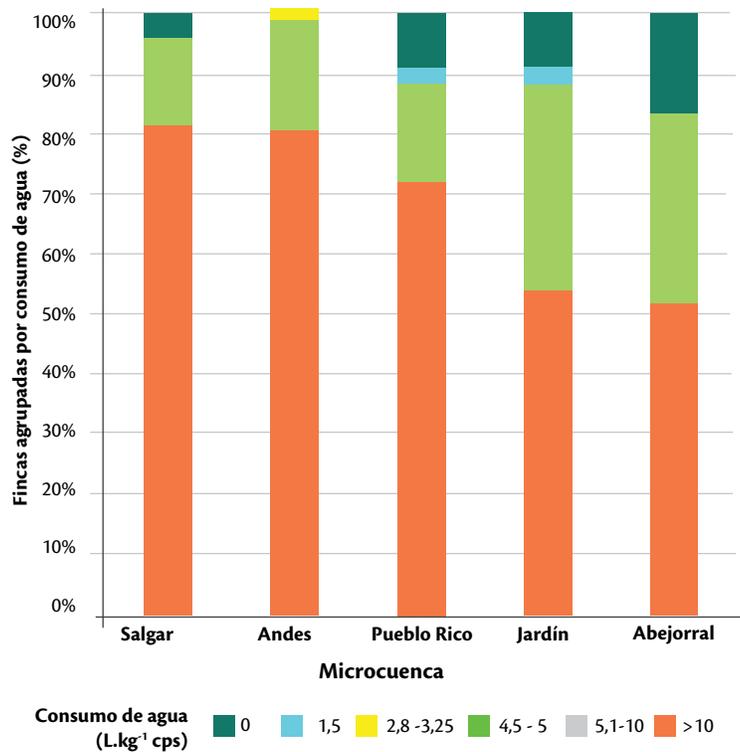


Figura 140. Agrupación de fincas de acuerdo al estimado en el consumo global y específico de agua para las microcuencas de: Abejorral, Jardín, Salgar, Pueblo Rico y Andes, en el departamento de Antioquia.

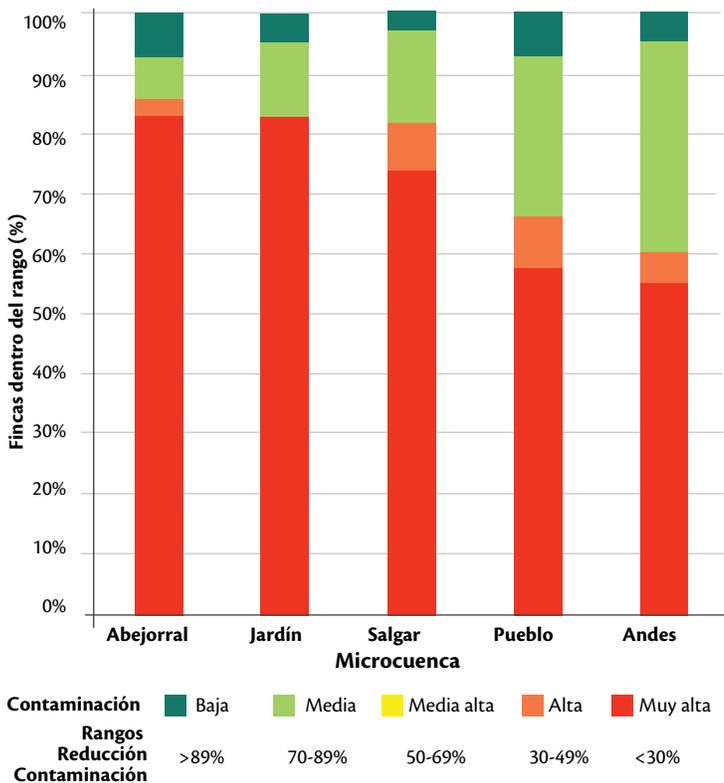


Figura 139. Clasificación de fincas de acuerdo a la contaminación generada o rango de reducción en contaminación (%) para las microcuencas de: Abejorral, Jardín, Salgar, Pueblo Rico y Andes, en el departamento de Antioquia.

Departamento de Caldas. Las microcuencas y los cuerpos de agua seleccionados en este departamento fueron: Aguadas (quebrada El Edén-Q. Bareño), Marquetalia (quebrada Los Saínos), Pácora (río Pácora), Pensilvania (río Tenerife), Salamina (quebrada La Frisolera).

En la Tabla 75 se presentan los porcentajes de uso de la tecnología.

Salamina es la microcuenca donde un 48% de los beneficiaderos no tienen acceso a la energía eléctrica. Los beneficiaderos en Pensilvania tienen un 24,4% de tolvas húmedas y la clasificación de café cereza es del 6,7%, esto último se asocia a que en la práctica los caficultores dejan el café cereza sumergido en agua al menos un día, sacan los flotes, y lo juntan con el cosechado del día siguiente para beneficiarlo.

Tabla 75. Porcentaje de uso de tecnologías de beneficio para las microcuencas del departamento de Caldas.

Etapa del beneficio	Tecnología o práctica	Aguadas	Marquetalia	Pácora	Pensilvania	Salamina
Recibo de café cereza	La finca tiene beneficiadero	80,43	89,13	93,48	95,56	91,30
	Cuenta con energía eléctrica	76,1	78,3	89,1	75,6	52,2
	Tolva seca	69,6	84,8	71,7	71,1	84,8
	Tolva húmeda	2,2	6,5	13,0	24,4	6,5
Clasificación cereza	Clasifica el café cereza	0	2,2	0	6,7	2,2
	Clasifica en caneca con agua	0	2,2	0	4,4	0
	Reutiliza el agua con la caneca	0	0	0	2,2	0
Despulpadora	Hay despulpadora	91,3	97,8	97,8	93,3	95,7
	Cilindro horizontal	91,3	97,8	100	93,3	95,7
	Cilindro vertical	0	0	0	0	0
	Disco	0	0	0	0	0
Despulpado	Despulpa con agua	43,5	50	73,9	84,4	58,7
	Transporta el café despulpado con agua	10,9	2,2	19,6	2,2	2,2
Clasificación café despulpado	Clasifica el café despulpado	78,3	19,6	93,5	11,1	84,8
	Zaranda plana de vaivén	73,9	17,4	80,4	13,3	84,8
	Zaranda cilíndrica de varillas	4,3	2,2	4,3	0	0
	Zaranda cilíndrica de lámina troquelada	0	2,2	15,2	0	0
Fermentación	Fermentación natural	91,3	93,5	95,7	88,9	95,7
	Tanque de fermentación tradicional	78,3	89,1	89,1	82,2	78,3
	Tanque tina	8,7	2,2	6,5	8,9	4,3
	Otro tanque o recipiente	4,3	0	2,2	2,2	17,4
Lavado	Lava después de la fermentación	91,3	93,5	97,8	86,7	95,7
	Lava en tanque de fermentación	87,0	91,3	97,8	88,9	80,4
	Técnica de enjuagues	89,1	91,3	93,5	88,9	80,4
	Lava en canal de correteo	0	2,2	4,3	4,4	2,2
Desmucilaginado mecánico	Desmucilaginado mecánico	0	0	2,2	0	0
	DESLIM	0	0	100	0	0
	Varillas	0	0	0	0	0
	Clasifica el café desmucilaginado	0	0	0	0	0
	Clasifica en canal de correteo	0	0	0	0	0
Transporte de pulpa	Por gravedad	63,0	50	67,4	35,6	87,0
	Por medio hidráulico	23,9	41,3	21,7	60	10,9
	Con tornillos sinfín	0	0	4,3	0	2,2
Café húmedo	Vende café mojado	0	23,9	0	0	2,2
	Guarda el café lavado más de 2 días	6,5	23,9	8,7	31,1	4,3

El transporte de café cereza del cultivo al beneficiadero por caféducto lo realizan fincas en 2,17% en Marquetalia, 4,35% en Pácora, 2,22% en Pensilvania, 4,35% en Salamina. El empleo de tanque sifón sin roborador de agua lo emplean el 2,17% de las fincas en Marquetalia. En Pácora el enjuague en canal semisumergido lo realiza un 2,17% de fincas y en esta misma microcuenca un 4,35% emplea motobomba sumergible.

El lavado en canal de correteo es una técnica que han obviado, menos del 4,4% de los productores la utilizan aún. Esto se debe en parte a los requisitos que exige la certificación de Nespresso.

La fermentación natural junto con el lavado en tanque de fermentación es la práctica común para la remoción del mucílago. El empleo de tanques de fermentación tradicionales es del 89,1% de las fincas en el caso de

Marquetalia y Pácora, 82,2% Pensilvania y 78,3% Aguadas y Salamina, para las condiciones de la caficultura de estas microcuencas son estructuras pequeñas y con las que emplean la técnica de los cuatro enjuagues.

En Pensilvania el 31,1% de los caficultores almacena más de 2 días el café lavado para exponerlo al sol. Por su parte Marquetalia el 23,9% de los caficultores manifiesta vender el café mojado.

Respecto al adecuado manejo de los subproductos (Figura 141), en Pensilvania cerca del 85% de las fincas no realiza control de los vertimientos que genera. Aguadas, con menos del 40% de las fincas entrega los vertimientos sin adecuado control y un 40% para esta microcuenca entrega vertimientos con una reducción entre el 70% y 89% del potencial de contaminación, Pácora con cerca al 60% y Marquetalia y Salamina con 75%, hace manejo inadecuado de los subproductos.

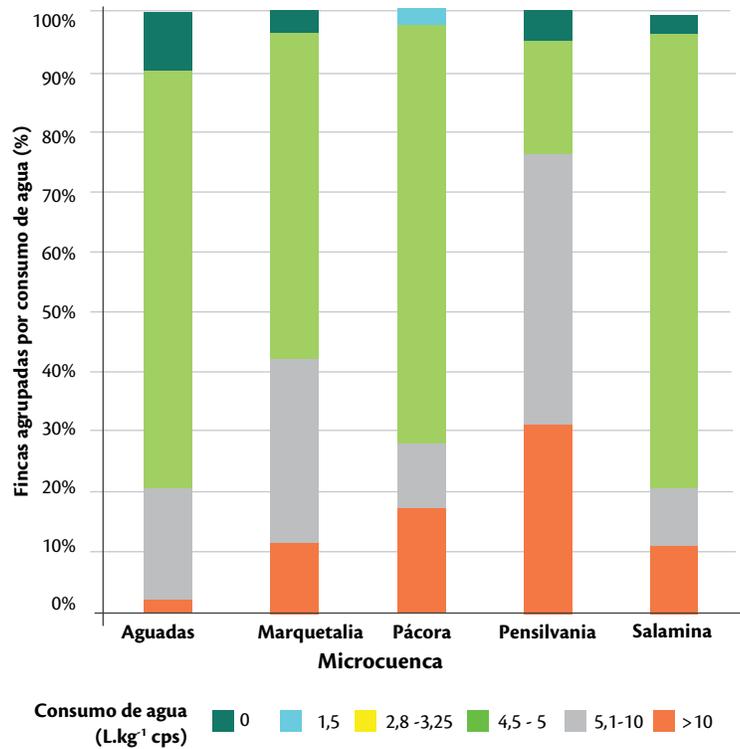


Figura 142. Clasificación de fincas de acuerdo al estimado en el consumo global y específico de agua para las microcuencas de: Pensilvania, Salamina, Marquetalia, Pácora y Aguadas, en el departamento de Caldas.

Respecto a la Figura 142 para las microcuencas Aguadas, Salamina y Pácora alrededor del 70% de los caficultores realizan el beneficio de café con consumos específicos de agua entre 4,5 y 5 L.kg⁻¹ de cps, lo que permite que tecnologías como el SMTA sean potenciales para su funcionamiento en esta microcuencas. Los mayores consumos específicos como en Pensilvania se originan por el transporte de la pulpa con agua y el despulpado con agua, lo que a su vez se traduce en mayores fuentes de contaminación.

Departamento del Cauca. Las microcuencas del departamento del Cauca y los cuerpos de agua seleccionados son: Balboa (río Capitanes), Inzá (río Negro), La Sierra (río Esmita), Rosas (quebrada Santo Tomás), Sotará (río Quilcacé). En la Tabla 76 se presenta la información del porcentaje de fincas que emplean las tecnologías de beneficio.

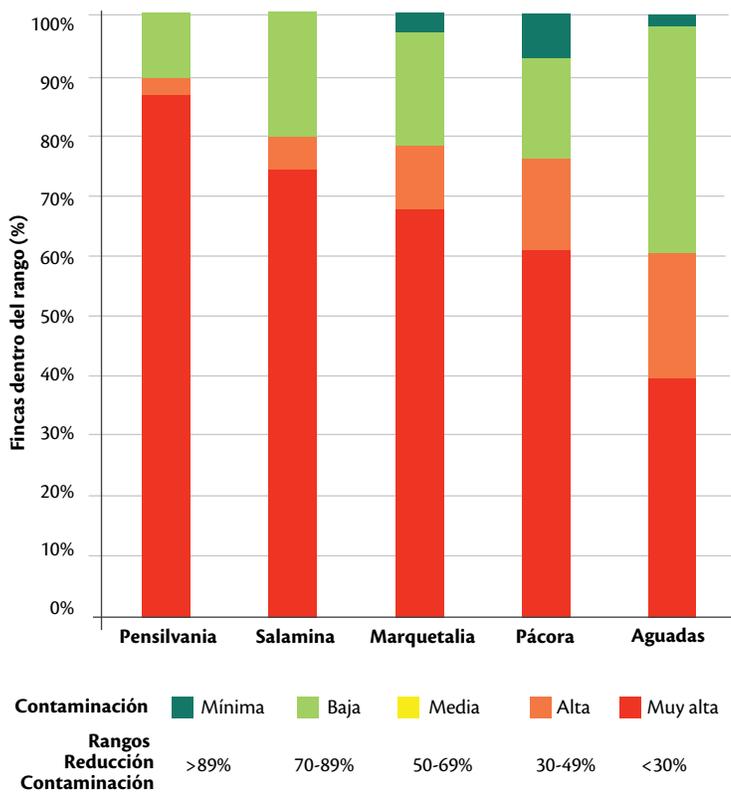


Figura 141. Clasificación de fincas de acuerdo a: la contaminación generada o rango de reducción en contaminación (%) para las microcuencas de: Pensilvania, Salamina, Marquetalia, Pácora y Aguadas, en el departamento de Caldas.

Tabla 76. Porcentaje de uso de tecnologías de beneficio para las microcuencas del departamento de Cauca.

Etapa del beneficio	Tecnología o práctica	Balboa	Inzá	La Sierra	Rosas	Sotará
Recibo de café cereza	La finca tiene beneficiadero	85,71	74,36	91,11	70,45	84,09
	Cuenta con energía eléctrica	50	28,2	42,2	27,3	52,3
	Tolva seca	45,2	23,1	35,6	9,1	50
	Tolva húmeda	0	2,6	0	2,3	0
Clasificación cereza	Clasifica el café cereza	11,9	10,3	31,1	31,8	6,8
	Clasifica en caneca con agua	9,5	7,7	31,1	27,3	6,8
	Reutiliza el agua con la caneca	0	0	8,9	0	0
Despulpadora	Hay despulpadora	88,1	100	93,3	79,5	93,2
	Cilindro horizontal	92,9	100	88,9	81,8	95,5
	Cilindro vertical	0	0	0	0	0
	Disco	0	0	0	0	0
Despulpado	Despulpa con agua	54,8	48,7	40	52,3	29,5
	Transporta el café despulpado con agua	7,1	2,6	0	0	2,3
Clasificación café despulpado	Clasifica el café despulpado	81,0	48,7	88,9	75,0	84,1
	Zaranda plana de vaivén	88,1	46,2	84,4	68,2	81,8
	Zaranda cilíndrica de varillas	0	0	2,2	0	0
	Zaranda cilíndrica de lámina troquelada	0	2,6	6,7	6,8	2,3
Fermentación	Fermentación natural	95,2	100	91,1	84,1	93,2
	Tanque de fermentación tradicional	19,0	33,3	35,6	4,5	31,8
	Tanque tina	40,5	28,2	46,7	56,8	50
	Otro tanque o recipiente	28,6	38,5	15,6	22,7	15,9
Lavado	Lava después de la fermentación	90,5	100	93,3	84,1	93,2
	Lava en tanque de fermentación	57,1	64,1	73,3	63,6	79,5
	Técnica de enjuagues	54,8	79,5	75,6	70,5	84,1
	Lava en canal de correteo	0	0	0	0	0
Desmucilaginado mecánico	Desmucilaginado mecánico	0	0	0	0	0
	DESLIM	0	0	0	0	0
	Varillas	0	0	0	0	0
	Clasifica el café desmucilaginado	0	0	0	0	0
	Clasifica en canal de correteo	0	0	0	0	0
Transporte de pulpa	Por gravedad	76,2	97,4	91,1	84,1	86,4
	Por medio hidráulico	0	2,6	0	0	2,3
	Con tornillos sinfín	0	0	0	0	0
Café húmedo	Vende café mojado	9,5	23,1	2,2	2,3	9,1
	Guarda el café lavado más de 2 días	14,3	7,7	8,9	6,8	4,5

Para el departamento, menos del 50% de los beneficiaderos cuenta con servicio de energía eléctrica, por lo cual un porcentaje importante de despulpadoras son de accionamiento manual.

El despulpado con agua es una práctica que se realiza en cerca del 50% para las microcuencas de Balboa, Inzá y Rosas, el 40% lo realiza en La Sierra y el 29,5% en Sotará.

La fermentación natural con el lavado manual es la práctica común para la remoción del mucílago en estas microcuencas. Hay un porcentaje importante en el empleo de tanques tina sobre los tanques de fermentación tradicionales, esto ligado a la intervención de proyectos direccionados por el Comité de Cafeteros. El lavado de café se realiza en los tanques de fermentación empleando la técnica de los cuatro enjuagues, cuando se utiliza otro

tanque o recipiente para fermentación es para pequeñas cantidades y no existe control en el volumen de agua que se emplea. El desmucilaginado mecánico no es una tecnología que se presenta en estas microcuencas, como tampoco el empleo de canales de correteo.

El transporte de pulpa en estas microcuencas se realiza principalmente por gravedad, y el tamaño pequeño de los predios hace que el manejo y transporte que se realice de la pulpa se realice al hombro.

La venta de café mojado es representativa en la microcuenca de Inza (23,1%).

En todas las microcuencas más del 20% de las fincas generan mínima contaminación (Figura 143), lo que implica que realiza un control de más del 89% para la contaminación potencial por los subproductos del beneficio húmedo; en La Sierra este porcentaje alcanza

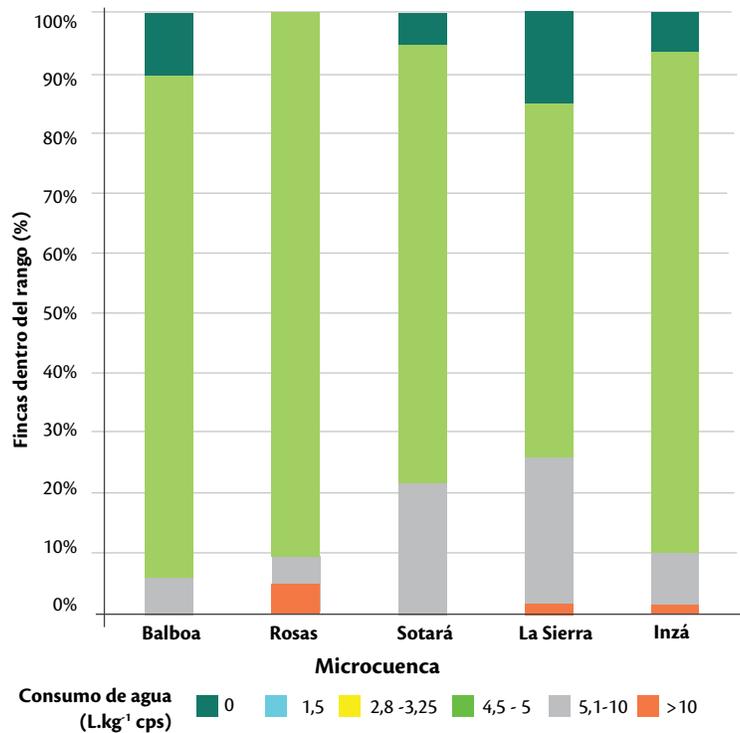


Figura 144. Clasificación de fincas de acuerdo al estimado en el consumo global y específico de agua para las microcuencas de: Balboa, Rosas, Sotará, La Sierra e Inzá en el departamento del Cauca.

el 40% de los predios de la microcuenca. Por su parte predios con muy alta contaminación están alrededor del 40% en las microcuencas de Sotará, La Sierra e Inzá y es cercana al 50% en Balboa y Rosas.

Los consumos específicos de agua están entre un 4,5 a 5 L.kg⁻¹ de cps en un porcentaje cercano al 80% para las microcuencas de Balboa, Inzá y Sotará, 70% en la Sierra y del 50% en Rosas. Los consumos entre el 5,1 y 10 L.kg⁻¹ de cps se debe en gran parte al uso de agua en el despulpado y a empleo de agua para la clasificación de cereza sin reutilización de agua, en este rango hay un 20% de las fincas en La Sierra y Rosas (Figura 144).

Departamento de Nariño. Las microcuencas del departamento y los cuerpos de agua seleccionados fueron: Buesaco (río Buesaquito), Consacá (río Azufral), La Unión (quebrada La Fragua), San Lorenzo (quebrada El Molino), Sandoná (quebrada El Matadero). La Tabla 77 presenta los porcentajes de cada tecnología de beneficio.

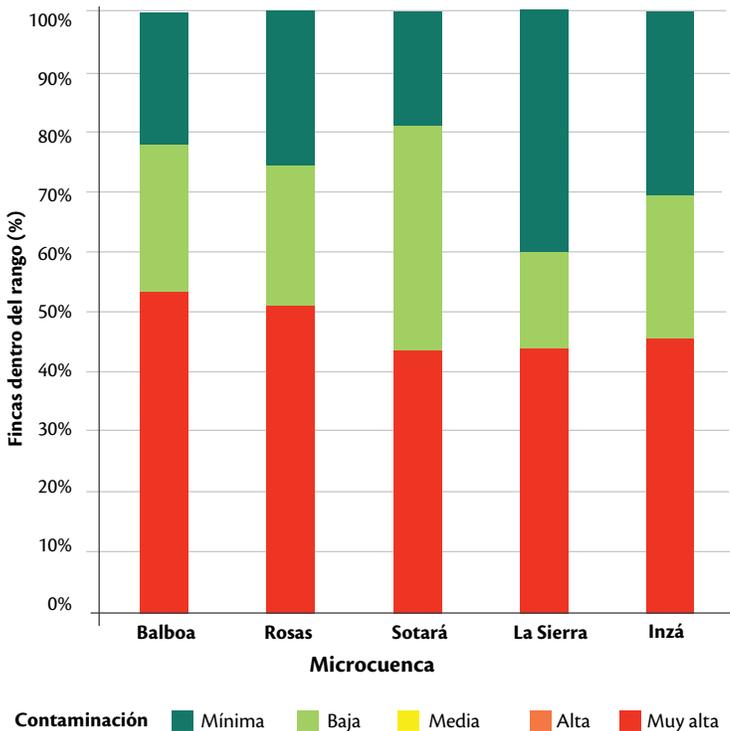


Figura 143. Clasificación de fincas de acuerdo a la contaminación generada o rango de reducción en contaminación (%) para las microcuencas de: Balboa, Rosas, Sotará, La Sierra e Inzá en el departamento del Cauca.

Tabla 77. Porcentaje de uso de tecnologías de beneficio para las microcuencas del departamento de Nariño.

Etapa del beneficio	Tecnología o práctica	Buesaco	Consacá	La Unión	San Lorenzo	Sandoná
Recibo de café cereza	La finca tiene beneficiadero	71,7	100	91,7	97,9	70,8
	Cuenta con energía eléctrica	60,9	65,2	81,3	75,0	83,3
	Tolva seca	41,3	34,8	72,9	47,9	58,3
	Tolva húmeda	0	2,2	4,2	0	2,1
Clasificación cereza	Clasifica el café cereza	0	2,2	0	0	2,1
	Clasifica en caneca con agua	0	0	0	0	0
	Reutiliza el agua con la caneca	0	0	0	0	0
Despulpadora	Hay despulpadora	95,7	82,6	91,7	97,9	97,9
	Cilindro horizontal	95,7	82,6	93,8	97,9	95,8
	Cilindro vertical	0	0	0	0	0
	Disco	0	2,2	0	0	0
Despulpado	Despulpa con agua	63,0	58,7	6,3	25,0	35,4
	Transporta el café despulpado con agua	0	0	2,1	2,1	0
Clasificación café despulpado	Clasifica el café despulpado	87,0	95,7	79,2	77,1	70,8
	Zaranda plana de vaivén	80,4	93,5	79,2	83,3	70,8
	Zaranda cilíndrica de varillas	10,9	2,2	12,5	2,1	2,1
	Zaranda cilíndrica de lámina troquelada	0	2,2	2,1	0	0
Fermentación	Fermentación natural	91,3	100	93,8	100	91,7
	Tanque de fermentación tradicional	63,0	56,5	33,3	35,4	85,4
	Tanque tina	10,9	21,7	50	56,3	4,2
	Otro tanque o recipiente	21,7	19,6	6,3	8,3	8,3
Lavado	Lava después de la fermentación	93,5	100	93,8	100	95,8
	Lava en tanque de fermentación	84,8	76,1	91,7	100	87,5
	Técnica de enjuagues	89,1	82,6	89,6	100	81,3
	Lava en canal de correteo	15,2	30,4	8,3	6,3	14,6
Desmucilaginado mecánico	Desmucilaginado mecánico	6,5	2,2	0	0	0
	DESLIM	100	100	0	0	0
	Varillas	0	0	0	0	0
	Clasifica el café desmucilaginado	4,3	0	0	0	0
	Clasifica en canal de correteo	4,3	0	0	0	0
Transporte de pulpa	Por gravedad	87,0	82,6	79,2	91,7	10,4
	Por medio hidráulico	0	10,9	0	6,3	2,1
	Con tornillos sinfín	8,7	2,2	6,3	0	0
Café húmedo	Vende café mojado	0	4,3	2,1	0	22,9
	Guarda el café lavado más de 2 días	0	10,9	0	6,3	18,8

El 100% de los predios encuestados en Consacá manifestaron tener beneficiadero. Mientras que Buesaco y Sandoná cerca del 71% lo tienen. Esto se debe a que son pequeños predios de donde se lleva el café cosechado hacia otro lugar donde se encuentra el beneficiadero, el cual puede ser o no de propiedad del dueño del predio.

Las tolvas secas son representativas en diseño de los beneficiaderos, están construidas en mampostería y tienen diseño ergonómico.

El empleo de la fermentación natural es mayor al 91,3% en las fincas encuestadas en las microcuencas de Nariño. En San Lorenzo el 56,3% de las fincas cuentan con tanques tina para la fermentación y el

lavado del café. El lavado en canal de correteo es representativo con un 30,4% en Consacá.

Las fincas que entregan sin manejo adecuado la pulpa y las mieles de lavado son alrededor del 83% en Buesaco, entre el 50% y 60% de las fincas en Consacá, Sandoná y San Lorenzo, y el menor valor lo tiene La Unión con 40% de las fincas (Figura 145).

En la Figura 146 se hace notorio que entre el 70% y 85% de las fincas en las microcuencas emplean consumos específicos de agua entre 4,5 y 5 L.kg⁻¹ de cps.

Un 20% de las fincas en Consacá emplean volúmenes superiores a los 10 L.kg⁻¹ de cps, lo que está relacionado al empleo de canales de correteo que para estas microcuencas es cercano al 30,4%.

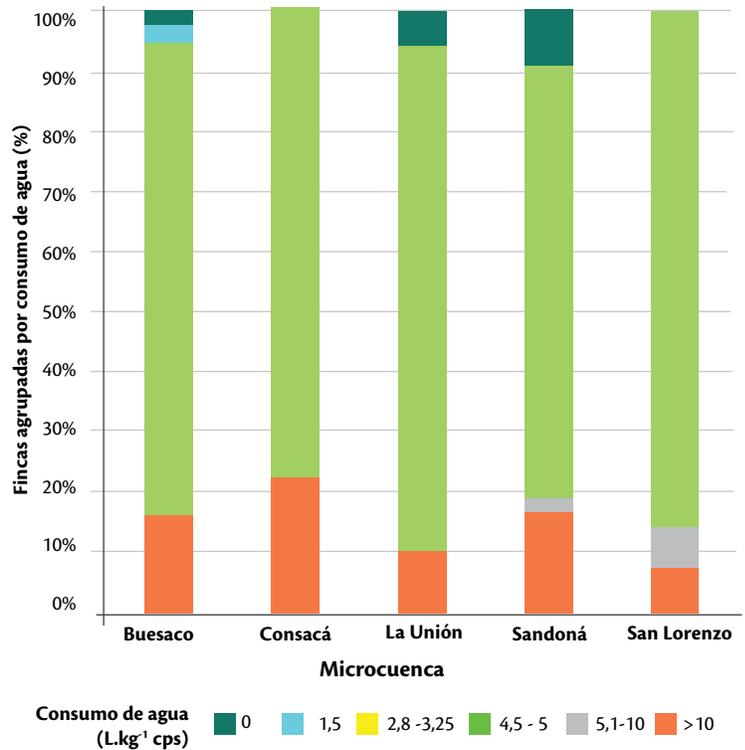
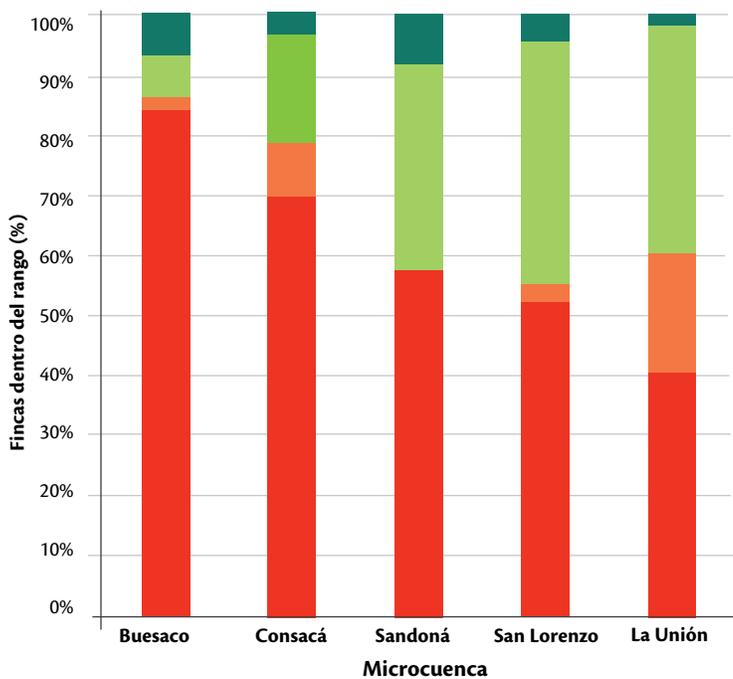


Figura 146. Clasificación de fincas de acuerdo al estimado en el consumo global y específico de agua para las microcuencas de: Buesaco, Consacá, Sandoná, San Lorenzo y La Unión en el departamento de Nariño.



Contaminación Mínima Baja Media Alta Muy alta

Rangos Reducción Contaminación

>89%	70-89%	50-69%	30-49%	<30%
------	--------	--------	--------	------

Figura 145. Clasificación de fincas de acuerdo a la contaminación generada o rango de reducción en contaminación (%) para las microcuencas de: Buesaco, Consacá, Sandoná, San Lorenzo y La Unión en el departamento de Nariño.

Departamento del Valle del Cauca.

Las microcuencas del departamento y los cuerpos de agua seleccionados fueron: Bugalagrande (río La Paila), Bolívar (río Platanares), Caicedonia (río Barragán), Tuluá (río Bugalagrande), Sevilla (río San Marcos). En la Tabla 78 se presentan los porcentajes en el uso de las tecnologías de beneficio.

Cerca del 60% de las fincas en Bolívar y Bugalagrande no cuentan con energía eléctrica en sus beneficiaderos. Sevilla con un 81,4% es la microcuenca que tiene mejor acceso a este servicio.

Solamente en Caicedonia se encontró que el 2,33% de las fincas emplea el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín y el 2,27% de las fincas emplea tanque sifón. La fermentación natural es el principal medio que emplean los caficultores para la remoción de mucílago. Aunque en todas las microcuencas del Valle del Cauca se encuentran equipos para

Tabla 78. Porcentaje de uso de tecnologías de beneficio para las microcuencas del Valle del Cauca.

Etapa del beneficio	Tecnología o práctica	Bolívar	Bugalagrande	Caicedonia	Sevilla	Tuluá
Recibo de café cereza	La finca tiene beneficiadero	77,78	90,24	95,35	88,37	86,36
	Cuenta con energía eléctrica	37,8	41,5	74,4	81,4	65,9
	Tolva seca	46,7	19,5	72,1	62,8	38,6
	Tolva húmeda	2,2	4,9	4,7	2,3	9,1
Clasificación cereza	Clasifica el café cereza	0	31,7	9,3	4,7	9,1
	Clasifica en caneca con agua	0	31,7	9,3	4,7	2,3
	Reutiliza el agua con la caneca	0	4,9	0	2,3	0
Despulpadora	Hay despulpadora	91,1	100	95,3	93,0	97,7
	Cilindro horizontal	88,9	100	95,3	90,7	97,7
	Cilindro vertical	2,2	0	0	2,3	0
	Disco	0	0	0	0	0
Despulpado	Despulpa con agua	64,4	41,5	65,1	46,5	56,8
	Transporta el café despulpado con agua	4,4	4,9	2,3	9,3	2,3
Clasificación café despulpado	Clasifica el café despulpado	33,3	65,9	48,8	62,8	50
	Zaranda plana de vaivén	31,1	75,6	74,4	58,1	40,9
	Zaranda cilíndrica de varillas	0	0	4,7	0	6,8
	Zaranda cilíndrica de lámina troquelada	2,2	0	2,3	4,7	2,3
Fermentación	Fermentación natural	80	100	95,3	88,4	95,5
	Tanque de fermentación tradicional	64,4	73,2	79,1	86,0	70,5
	Tanque tina	0	0	0	0	4,5
	Otro tanque o recipiente	13,3	26,8	16,3	4,7	18,2
Lavado	Lava después de la fermentación	80	100	95,3	88,4	95,5
	Lava en tanque de fermentación	68,9	75,6	74,4	83,7	84,1
	Técnica de enjuagues	73,3	78,0	83,7	83,7	84,1
	Lava en canal de correteo	2,2	2,4	2,3	0	0
Desmucilaginado mecánico	Desmucilaginado mecánico	8,9	4,9	2,3	4,7	4,5
	DESLIM	80	100	100	100	100
	Varillas	20	0	0	0	0
	Clasifica el café desmucilaginado	4,4	0	0	2,3	0
	Clasifica en canal de correteo	2,2	0	0	0	0
Transporte de pulpa	Por gravedad	75,6	97,6	60,5	86,0	72,7
	Por medio hidráulico	8,9	0	30,2	4,7	22,7
	Con tornillos sinfín	6,7	0	2,3	2,3	4,5
Café húmedo	Vende café mojado	8,9	31,7	0	44,2	13,6
	Guarda el café lavado más de 2 días	6,7	7,3	4,7	30,2	38,6

el desmucilaginado mecánico, en el caso de Bolívar el 80% de los caficultores realiza fermentación natural y un 8,9% emplean los desmucilaginosos mecánicos. El lavado en los tanques de fermentación tradicionales es la práctica común. Se resalta que un 28,6% en el caso de Bugalagrande emplean otros recipientes (como empaques de lona o recipientes plásticos) para la fermentación y el lavado.

Otras tecnologías y prácticas reportadas para Caicedonia como el enjuague en canal semisumergido

lo realiza el 2,27% de las fincas y 2,33% emplea motobomba sumergible, 2,33% de las fincas emplea lavador mecánico. El empleo de canal de correteo es del 2,3% promedio en las microcuencas del Valle del Cauca. En más del 60% para las microcuencas el transporte de la pulpa se hace por gravedad. Sin embargo, el 30,2% de las fincas en Caicedonia y el 22,7% en Tuluá aún emplean el agua para mover la pulpa

La venta de café mojado es representativa en un 44,2% en la microcuenca de Sevilla y en un 31,7% en Bugalagrande y en un 13,6% en la de Tuluá, siendo este departamento comparado con los otros cuatro del Programa GIA donde esta modalidad de comercialización de café tienen un porcentaje importante.

Entre el 60% y 70% de las microcuencas de Bugalagrande, Bolívar y Sevilla no hacen manejo adecuado de los subproductos (en cuanto a la reducción de carga contaminante con sistemas de tratamiento o fosas techadas) entregando vertimientos que generan una muy alta contaminación (Figura 147).

Respecto a los consumos específicos de agua (Figura 148), aproximadamente un 60% de las fincas en la microcuenca emplean volúmenes entre 4,5 y 5,0 L.kg⁻¹ de cps, usual con el lavado de café en los tanques de fermentación, lo que permite la instalación de SMTA. Un 20% de los caficultores,

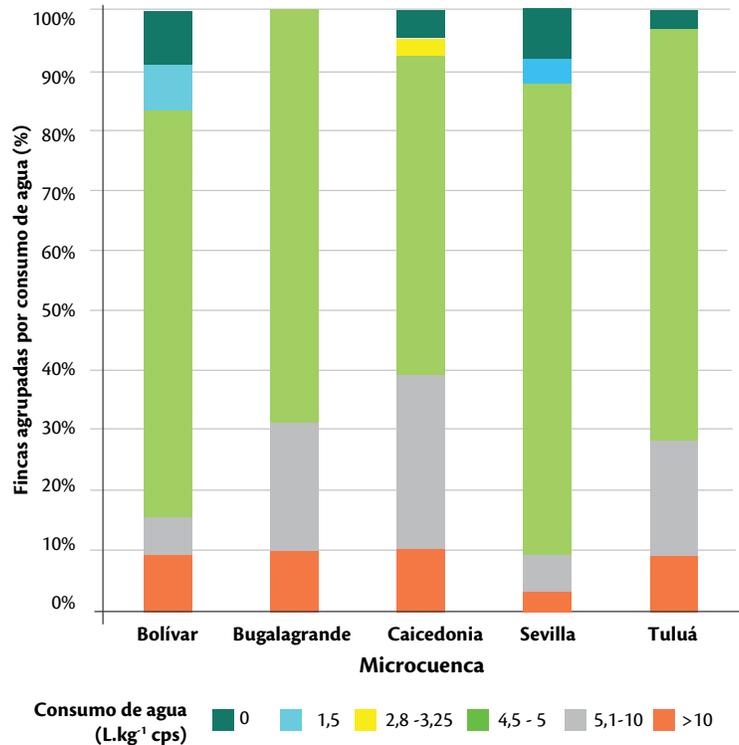


Figura 148. Clasificación de fincas de acuerdo al estimado en el consumo global y específico de agua para las microcuencas de: Tuluá, Bugalagrande, Bolívar, Sevilla y Caicedonia en el departamento del Valle del Cauca.

tanto en Bugalagrande como en Caicedonia, emplea volúmenes entre 5,1 y 10,0 L.kg⁻¹ de cps, los cuales emplean lavado en tanque de fermentación y transporte de pulpa por medio hidráulico.

Plan de mejoramiento en finca - STAR.

En este plan se identificaron: 1) el porcentaje de implementación de sistemas de tratamiento (entre domésticas y de beneficio) en las fincas; 2) el conocimiento que tienen las personas encuestadas en cuanto a la cantidad de agua que utilizan en sus procesos; 3) el porcentaje de caficultores que realizan tratamiento a las aguas residuales del beneficio del café.

Para el análisis de esta información se utilizaron los siguientes índices: Índice de Calidad Ambiental en el Proceso de Beneficio (ICAPBH), Índice de Manejo de Agua en el Proceso de Beneficio (IMAPBH) e Índice de Manejo de las Aguas Residuales Domésticas (IMARD). Las ponderaciones utilizadas para el cálculo y los resultados obtenidos se observan en las Tablas 79 a la 81.

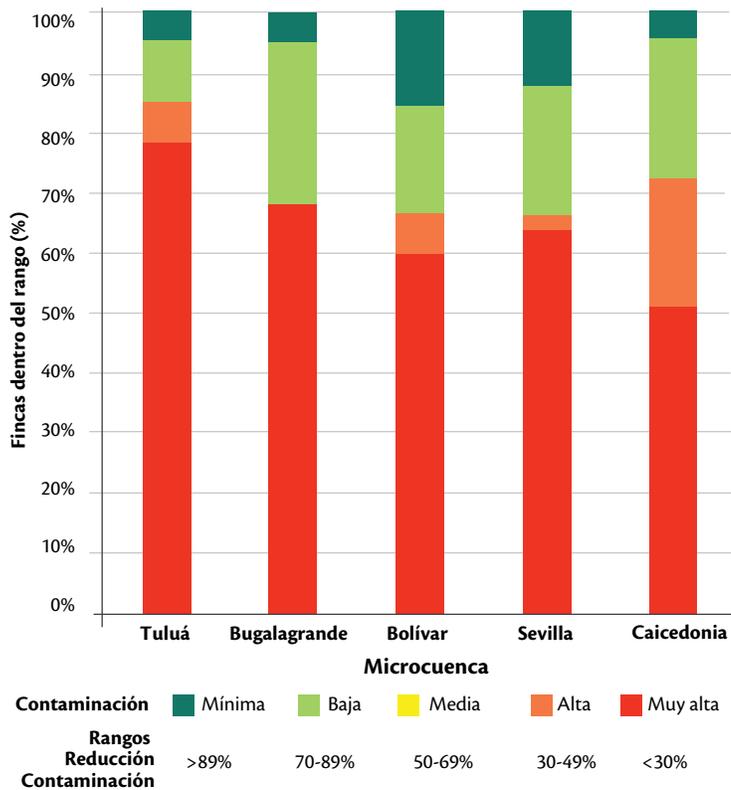


Figura 147. Clasificación de fincas de acuerdo a la contaminación generada o rango de reducción en contaminación (%) para las microcuencas de: Tuluá, Bugalagrande, Bolívar, Sevilla y Caicedonia en el departamento del Valle del Cauca.

Tabla 79. Índice de calidad ambiental en el proceso de beneficio húmedo del café.

Índice de calidad ambiental en el proceso de beneficio húmedo del café	Ponderación
Tiene tolva seca	0,02
Despulpado sin agua	0,15
Transporte pulpa sin agua	0,15
Pulpa en fosa techada	0,15
Descomposición pulpa bajo techo (compostaje o lombricompostaje)	0,15
Recolección y tratamiento de drenados de la pulpa	0,12
Sistemas biológicos o fisicoquímicos de tratamiento de agua/ alimentación animal	0,20
Sistemas de tratamiento físicos	0,05
Reuso del agua tratada/postratamiento +reuso.	0,06
Valor total	1,00

Tabla 80. Índice de manejo de agua en el proceso de beneficio.

Índice de manejo de agua en el proceso de beneficio	Ponderación
Tiene tolva seca y SHTS	0,125
Despulpado sin agua	0,125
Transporta pulpa sin agua	0,125
Transporta café en baba sin agua	0,125
Lavador mecánico	0,49
Desmucilagador	0,48
Tanque tina	0,38
Bomba sumergible	0,25
Canal semisumergido	0,30
Valor total	1,00

Tabla 81. Índice de manejo de aguas residuales domésticas.

Índice de manejo de aguas residuales domésticas	Ponderación
Tiene trampa de grasa	0,05
Tiene pozo séptico	0,35
Tiene filtro anaerobio	0,40
Tiene humedal o laguna	0,15
Reuso	0,05
Total del indicador	1,00

Para el caso del ICAPBH e ICMARD un valor de 0 es indicador del máximo impacto ambiental adverso sobre los recursos naturales, mientras que un valor de 1 es indicador de un buen manejo. En el caso de IMAPBH el valor de 0 es indicador de un gran consumo de agua, que se interpreta como presión sobre el recurso superficial, mientras que un valor de 1 es indicador de un uso eficiente del agua en el beneficio.

Teniendo en cuenta los resultados de línea base, el porcentaje de implementación de sistemas de tratamiento (entre domésticas y de beneficio) no supera el 26% en las 25 microcuencas evaluadas. La caracterización realizada permite determinar que los beneficiarios de las cuencas no conocen la cantidad de agua que utilizan en sus procesos, lo que dificulta diagnosticar la eficiencia de sus sistemas de tratamiento.

El 52% de los encuestados tiene tolva seca, el 11% utiliza agua para el transporte de café despulpado y el 73% utiliza la técnica de los cuatro enjuagues. Solo el 2% utiliza desmucilagador, el 49% aún utiliza agua durante el despulpado y únicamente el 2% usa dispositivos de ahorro en el beneficio. Con base en los equipos utilizados para el beneficio del café se estimó un valor promedio del índice de manejo de agua en el proceso de beneficio (IMAPBHC), de 0,59, que lo ubica en un nivel medio (Figura 149).

De las microcuencas encuestadas, las ubicadas en el departamento del Valle mostraron la mayor implementación de sistemas de tratamiento para aguas residuales domésticas con un valor del 34% y las ubicadas en el departamento del Cauca mostraron la menor implementación de sistemas de tratamiento para aguas residuales domésticas con un valor del 1,0%. En general, el 22% de los caficultores vierten las aguas residuales domésticas sin tratamiento a los cuerpos de agua, el 61% lo hacen al suelo y el 2% la utilizan para riego. El valor promedio del índice de manejo de las aguas residuales fue de 0,17, que lo ubica en un nivel muy malo (Figura 150).

El 7% de los caficultores realiza tratamiento a las aguas residuales del beneficio de café, predominando los tratamientos biológicos y físicos sobre los químicos. De las microcuencas encuestadas, las ubicadas en el departamento de Cauca fueron las que mostraron la mayor implementación de sistemas de tratamientos de aguas residuales del beneficio con un valor del 22% y las ubicadas en los departamento de Antioquia y Valle fueron las que mostraron la menor implementación con un valor del 1%.

En promedio el indicador ambiental en el proceso de beneficio, muestra un valor de 0,33, que lo ubica en un nivel malo (Figura 150), y que justifica las inversiones que se deben hacer en el beneficio de café que permitan disminuir el volumen de agua utilizado y la carga contaminante generada.

La estrategia para mejorar el indicador ambiental en el proceso de beneficio será la sensibilización y capacitación de los productores para que despulpen y

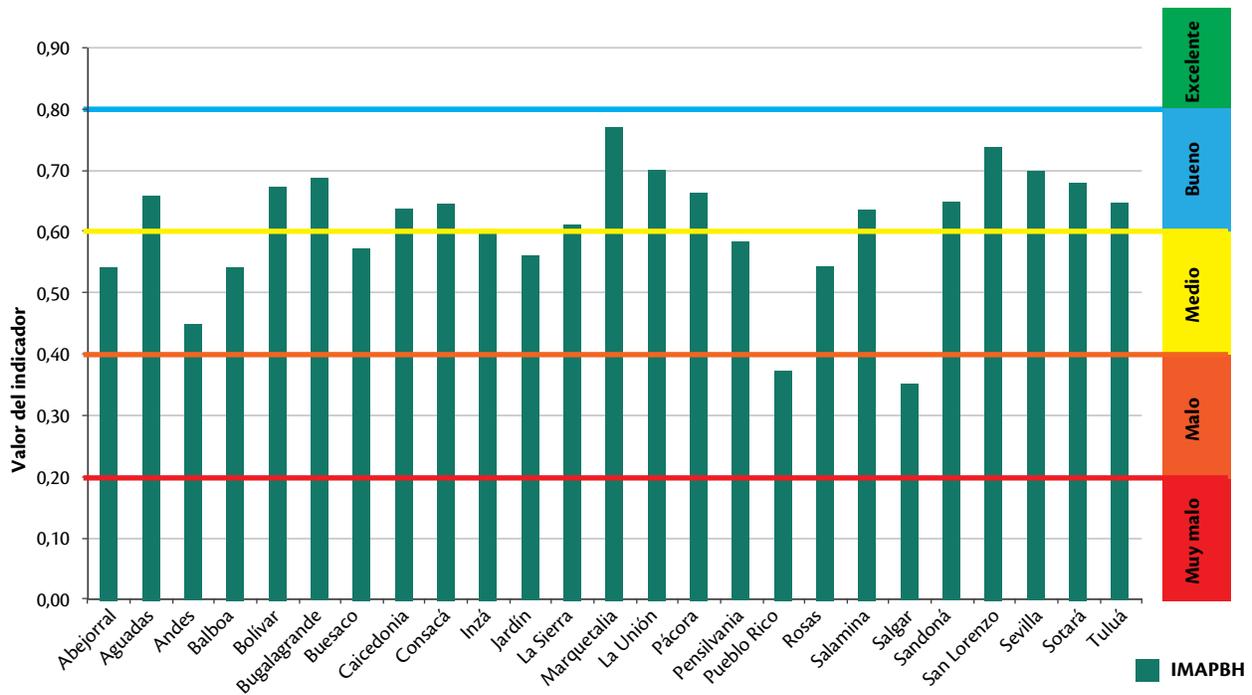


Figura 149. Índice de manejo de agua en el proceso de beneficio.

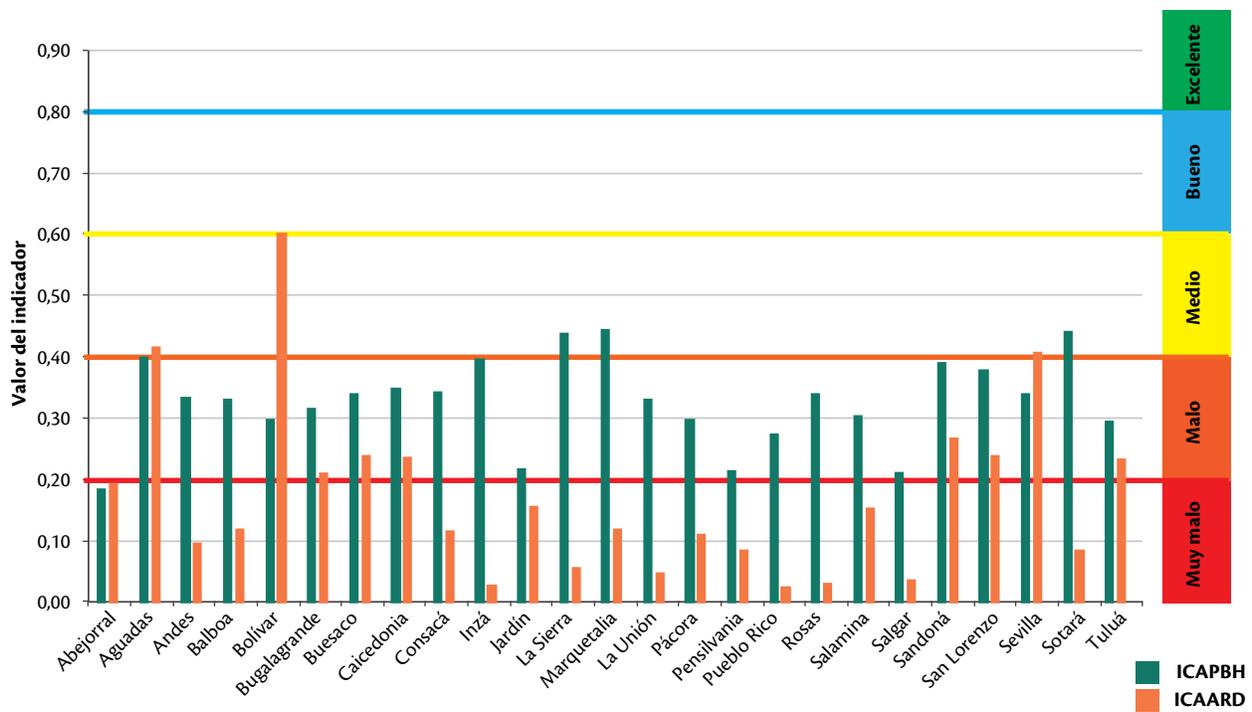


Figura 150. Índice de Calidad Ambiental en el Proceso de Beneficio del Café (ICAPBH) y en el manejo de las aguas residuales domésticas (ICAARD).

transporten la pulpa sin agua hacia una fosa techada, la descomposición de la pulpa y la instalación de sistemas de tratamiento biológicos, según las necesidades de los productores de la cuenca y de acuerdo con el presupuesto asignado para este fin.

Proyecto 3. Ecosistemas hídricos estratégicos

Este proyecto tiene como objetivo recuperar, proteger y cuidar los ecosistemas hídricos cafeteros, con el fin de contribuir a que los usuarios de 25 microcuencas de la zona cafetera, anexas a la macrocuenca Magdalena-Cauca, dispongan de una mayor cantidad y de una mejor calidad físico-química y microbiológica del agua. El proyecto consta de cuatro componentes: Un componente de Bio-ingeniería para estabilización de suelos de ladera y cuencas hídricas, un manejo forestal para la conservación de cuencas y biodiversidad, un plan de renovación de cafetales con variedades resistentes y un estudio de viabilidad sobre oportunidades de pago por prestación de servicios ambientales, aplicados en 25 microcuencas de la zona cafetera colombiana, afluentes tributarias de la macrocuenca Magdalena-Cauca.

Durante este primer año se elaboraron los planes de trabajo de un esquema de pago por prestación de servicios ambientales y del plan de renovación de cafetales con variedades resistentes.

En el plan de trabajo del manejo forestal para la conservación de cuencas y biodiversidad, el levantamiento de la información se efectuó directamente en el campo, en consulta con el propietario del predio. Se visitaron aproximadamente 45 fincas por microcuenca, en donde se realizó un diagnóstico visual de las especies forestales presentes, así como de las variables biofísicas y de la información complementaria relevante para realizar el proceso de caracterización. Se identificaron y ubicaron, inicialmente, áreas en potreros en desuso o desmejoradas, áreas abandonadas o en barbechos, áreas con aptitud protectora o conservadora, entre otros.

El proceso de establecimiento en el campo de las especies arbóreas, se realizará en las áreas aledañas a los nacimientos de agua, así como en las franjas laterales de quebradas y demás drenajes naturales que abastecen las microcuencas de estudio. La concertación de especies con los propietarios de predios se hará con base en las siguientes premisas: Forestal nativa de buen desarrollo en bancos de conservación de Cenicafé y adaptable a la condición de la microcuenca; que sea no solo maderable, sino

que impacte favorablemente otros aspectos de biodiversidad y que pueda asociarse con café en algún momento, sin generar un detrimento en producción.

En el plan de trabajo del componente de bioingeniería el levantamiento de la línea base se realizó con un diagnóstico sobre el uso, manejo y conservación del suelo al nivel de finca cafetera y un inventario de la totalidad de los movimientos en masa y erosión hídrica presentes en la microcuenca, además por cada microcuenca se caracterizaron cinco deslizamientos, con el fin de conocer la dinámica de cada microcuenca.

Según los resultados del diagnóstico, en las microcuencas se evidenciaron falencias en el área de protección de fuentes hídricas, con una marcada desprotección de los drenajes naturales, cultivos próximos a las fuentes hídricas e inadecuada conducción y captación de las aguas lluvia. También se evidenciaron falencias en el uso del suelo, marcada por la poca presencia de árboles de conservación y en la planificación del uso del suelo y en el manejo integrado de arvenses. Se encontró una alta evidencia de erosión, susceptibilidad a los movimientos masales y falta de labores para su control.

Proyecto 4. Decisiones responsables frente del agua

Este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema integrado de monitoreo de agua y clima que proporcione información sobre el comportamiento climático e hidrológico en la zona cafetera colombiana, para generar alertas tempranas de prevención y adaptación a nivel local, regional y nacional. Consta de tres componentes: Un sistema de monitoreo hidroclimático, un estudio de la calidad del agua de fuentes superficiales y la valoración de la huella hídrica asociada a la producción de café, aplicados en 25 microcuencas de la zona cafetera colombiana afluentes tributarias de la macrocuenca Magdalena-Cauca.

En el plan de trabajo de estudios de calidad del agua se evaluó la calidad del agua de los cuerpos de agua seleccionados en cada una de las microcuencas GIA, utilizando el indicador de valoración de hábitat (SVAP).

A continuación se observa el ejemplo del río Azufral en Consacá, Nariño (Figura 151), de la información levantada en el campo y los resultados del SVAP en los puntos 1 (antes de que el cuerpo de agua atraviese la zona cafetera) y 2 (después de que el cuerpo de agua atraviesa la zona cafetera) para cada una de las 25 microcuencas.

De acuerdo a los estudios de valoración de hábitat realizados en las microcuencas, el índice SVAP (Figura 152) tuvo valores entre 6,7 nivel regular-medio (microcuenca de Balboa) y 2,6 nivel muy malo (microcuenca de Consacá). En promedio, el nivel de calidad del indicador SVAP en las microcuencas evaluadas fue de 4,9 que corresponde a un nivel de calidad malo. Lo anterior justifica que se implementen las estrategias del programa GIA con el fin de mejorar los indicadores de calidad y cantidad de agua en las microcuencas del programa.

Para todas las evaluaciones realizadas se evidenció un deterioro en la calidad inicial del agua después de atravesar la zona cafetera.

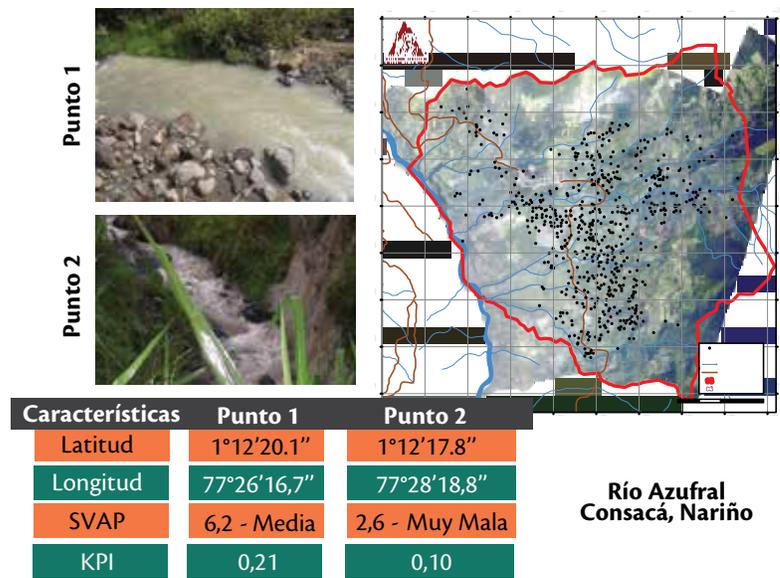


Figura 151. Aspecto de la calidad del agua en la microcuenca del río Azufral, antes y después de pasar por zona cafetera.

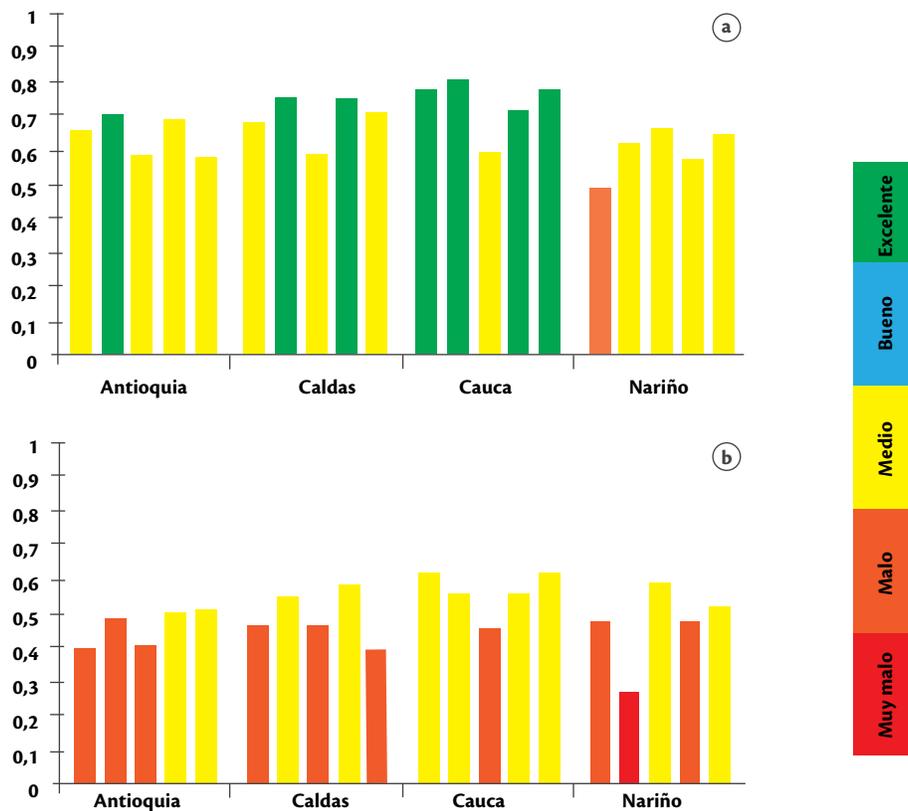


Figura 152. Calidad del agua antes (a) y después (b) de ingresar a zona cafetera.



Convenio Huellas de Paz



CONVENIO HUELLAS DE PAZ

Implementación del Sistema Integrado de Gestión Rural - SIGR, en Buenas Prácticas Agrícolas - BPA en los componentes social, calidad (técnico-económico) y medio ambiente en las zonas de producción de los titulares de derecho del Convenio Huellas de Paz.

Objetivo: Implementar en las zonas productoras de los beneficiarios del Convenio Huellas de Paz, el Sistema Integrado de Gestión Rural en buenas prácticas en los componentes social, calidad y medio ambiente.

Para el año 2014, el Convenio Huellas de Paz, iniciativa que hace parte de las alianzas estratégicas de cofinanciación que la Federación Nacional de Cafeteros realiza con organismos de Cooperación Internacional - la Fundación Humanismo y Democracia- H+D y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo - AECID, se encuentra en las fases de Verificar y el Actuar del Sistema Integrado de Gestión Rural- SIGR.

En el año 2013- 2014 se continuó con el acompañamiento y seguimiento, no sólo a los planes de acción sino también a las intervenciones hechas por cada uno de los Comités. Durante este período se desarrolló el contenido del módulo de formación "Buenas Prácticas para producir café de calidad" en conjunto con los Investigadores de Cenicafé y la FMM; para el primer trimestre del año 2014 se llevó a cabo la capacitación al Servicio de Extensión y a los instructores SENA para el caso específico de los departamentos de Nariño y Cauca en este módulo, además de estructurar nuevos planes de mejoramiento para la corrección de las malas prácticas agrícolas.

Se continuó con los seguimientos a través de la matrices, a las intervenciones hechas en renovación de cafetales, adecuación e instalación de infraestructura productiva (beneficiaderos y secaderos), saneamientos básico, construcción de SITAR, SMTA, biodigestores y acueductos.

A continuación se presenta el avance de la fase verificar del Sistema Integrado de Gestión Rural, de acuerdo a los resultados esperados en la matriz de marco lógico del Convenio.

Saneamiento básico y abastecimiento del agua.

Se terminaron de construir e instalar en el departamento del Valle del Cauca 217 Sistemas Individuales de Tratamiento de Aguas Residuales SITAR, 180 fosas de compostaje para la pulpa del café y hacia el cuarto trimestre del 2014 se construirán 15 Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio-SMTA para el manejo de las aguas provenientes del lavado del café, que servirán de prueba piloto para futuras intervenciones en proyectos de Cooperación Internacional, tal es el caso del proyecto Gestión Inteligente del Agua (GIA); de igual manera se instalarán 50 biodigestores en predios de los Titulares de Derecho que además de contar con un sistema productivo de café también se dedican a la explotación porcícola a pequeña escala.

En el segundo trimestre del año 2014, se tomaron las muestras de agua provenientes del acueducto del Chimborazo, cuyo principal objetivo fue evaluar la calidad de las mismas; se muestreó en cuatro puntos diferentes del sistema de conducción de agua (bocatoma, tanques de almacenamiento, cajas de distribución, primer y último predio al cual llega el agua del acueducto). Las muestras fueron tomadas por el Servicio de Extensión del Comité de Cafeteros del Cauca y preservadas en cadena de frío hasta su llegada al laboratorio de Cenicafé, donde posteriormente se realizaron los respectivos análisis.

Los resultados para el cálculo del Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) obtenidos a partir del análisis físico- químico y microbiológico de las muestras provenientes del acueducto del Chimborazo y teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos establecidos en la Resolución 2115 de 2007 muestran que:

Los parámetros turbiedad y color aparente, como se observa en Tabla 82, no se cumplen de acuerdo a la Resolución 2115 de 2007; estos resultados pueden deberse básicamente a problemas de mantenimiento y arrastre de sólidos en las tuberías de distribución.

Como se observa en la Tabla 83 los valores del IRCA entre 35,1 y 80,0, determinan que el agua proveniente del acueducto del Chimborazo no es apta para el consumo humano, ya que los resultados de la caracterización están por fuera de los rangos establecidos en la Resolución, obteniéndose calificaciones de 40 en el caso de la muestra tomada en la primera casa a la cual llega el servicio y de 61 para las demás muestras.

Los resultados de los parámetros microbiológicos (coliformes totales y *E. coli*), responsables del 40% de la ponderación, arrojaron valores por encima de lo establecido por la Resolución 2115 de 2007, por lo tanto, el agua debe ser sometida a un proceso de desinfección antes de ser distribuida a los predios para evitar así el riesgo a la salud humana.

Tabla 82. Resultados de los análisis de calidad del agua del acueducto Chimborazo.

Parámetro	Bocatoma	Tanques de Alm.	Agua de la llave Casa 1	Agua de la llave Casa 2
pH (Unidades)	7,24	7,42	7,53	6,85
Conductividad eléctrica (μS/cm)	64,78	59,18	68,98	70,35
O ₂ disuelto (ppm)	2,43	2,52	2,48	2,64
Turbiedad (Un FTU)	44	10	0	42
Color ap. (Un Pt-Co)	245	51	0	213
DQO (ppm)	36	20	7	8
Sólidos suspendidos (ppm)	130	16	4	200
Sólidos totales (ppm)	506	119	69	214
Coliformes totales (UFC/ml)	6.700	Incontable	Incontable	Incontable
<i>E. coli</i> (UFC/ml)	200	49	59	106

Tabla 83. Resultados del IRCA calculado para el acueducto del Chimborazo.

Característica	Puntaje de Riesgo			
	Bocatoma	Tanques de Alm.	Casa 1	Casa 2
Color aparente	6	6	0	6
Turbiedad	15	15	0	15
pH	0	0	0	0
Cloro residual libre	-	-		
Alcalinidad total	-	-		
Calcio	-	-		
Fosfatos	-	-		
Manganeso	-	-		
Molibdeno	-	-		
Magnesio	-	-		
Cinc	-	-		
Dureza total	-	-		
Sulfatos	-	-		
Hierro total	-	-		
Cloruros	-	-		
Nitratos	-	-		
Nitritos	-	-		
Aluminio	-	-		
Fluoruros	-	-		
COT	-	-		
Coliformes totales	15	15	15	15
<i>Escherichia coli</i>	25	25	25	25
Sumatoria de puntajes asignados	61	61	40	61

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado se recomienda:

- Llevar a cabo la socialización de los resultados obtenidos de la caracterización de las muestras y los riesgos que esto implica para la salud humana.
- Adelantar campañas informativas en las cuales se explique la importancia de hervir el agua antes de su consumo, como medio para la eliminación de la contaminación biológica presente y la disminución del riesgo de contraer enfermedades.
- Realizar limpiezas periódicas a los tanques de almacenamiento y hacer visitas frecuentes a la bocatoma para garantizar que éstos estén libres de obstáculos que puedan impedir el flujo de agua y cambiar la coloración de la misma.
- Instalar una planta de potabilización compacta.

En cuanto a los seguimientos realizados en el Valle del Cauca, a los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales- SITAR, a comienzos del año 2014, se hicieron visitas en el campo para verificar e inspeccionar el mantenimiento de estos sistemas, en las cuales se encontraron predios en los cuales esta labor no se hace, por lo que en compañía del Servicio de Extensión de este departamento se procedió a dar las recomendaciones propias para su mantenimiento.

De igual manera y para dar cumplimiento al indicador de la Matriz del Marco Lógico del Convenio sobre la implementación de la tecnología SMTA, se llevó a cabo una reunión a la cual asistieron los representantes del Comité de Cafeteros del Valle del Cauca, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, Cooperación Internacional e investigadores de Cenicafé, para definir y aprobar la construcción e implementación de dichos sistemas; los cuales servirán de modelo piloto para futuras intervenciones de Cooperación; además, se definió la construcción de 50 biodigestores con lo cual se dará cumplimiento a la meta propuesta para este departamento.

Renovación y producción. En lo concerniente al cumplimiento del resultado que apunta a la renovación de 1.269 hectáreas de plantaciones de café, en nueve municipios de los departamentos de Antioquia, Nariño y Valle del Cauca, al finalizar los 4 años de intervención del convenio y que contribuirá al cumplimiento del resultado “aumentada el 30% de la capacidad productiva”, se partió de verificar el estado inicial de las áreas cultivadas en el año 2010 por los Titulares de Derechos de estos departamentos, la información se obtuvo a partir del Sistema de Información

Cafetera SIC@ (Tabla 84), en donde se analizaron las variables asociadas con el incremento de la capacidad productiva del café, representadas en el porcentaje de variedades resistentes y susceptibles a la roya, edad del cultivo y la densidad de siembra.

Tabla 84. Porcentaje de área sembrada en variedades resistentes y susceptibles, edad y densidad de los cultivos de café en los predios de los Titulares de Derechos del Valle del Cauca, Nariño y Antioquia durante el año 2010.

Departamento	Variedades		Edad	Densidad
	Resistentes	Susceptibles		
Antioquia	63,3	36,7	8,6	4.933,1
Valle del Cauca	21,0	79,0	10,7	4.410,2
Nariño	22,5	77,5	6,2	5.439,4

Para el caso de la siembra de variedades resistentes se observa que para el año 2010 el departamento de Antioquia tenía 63,3%, mientras que el Valle del Cauca y Nariño contaban con un 21,0% y 22,5%, respectivamente. Por lo tanto, los porcentajes de siembra en variedades susceptibles en el Valle del Cauca y Nariño reportaron el mayor porcentaje de hectáreas, 79,0% y 77,5%, mientras que Antioquia tenía el 36,7%.

En términos generales, el departamento con mayor edad del cultivo reportada para ese año fue el Valle del Cauca con una edad promedio de 10,7 años, Antioquia con 8,6 años en promedio y Nariño con una edad promedio de 6,2 años.

En cuanto a la densidad de siembra el departamento con mayor número de plantas sembradas por hectárea fue Nariño con una densidad promedio de 5.439,4, para el caso de los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca la densidad promedio de siembra se encontraba entre las 4.933,1 y 4.410,2, respectivamente (Tabla 84).

Como se observa en la Tabla 85, los años de renovación por departamento son diferentes; por ejemplo, Antioquia inició las renovaciones en el año 2013 y a la fecha tiene un porcentaje de cumplimiento del indicador del 66,5%; en el Valle del Cauca las renovaciones se iniciaron en el año 2012 con un cumplimiento del indicador del 59,2% y para Nariño las renovaciones se hicieron a partir del año 2011 y a la fecha tiene un porcentaje de cumplimiento del 124,6%.

Tabla 85. Hectáreas renovadas por departamento, en el período comprendido entre 2011 y 2014.

Departamento	Renovación	Año	Hectáreas renovadas	Total (ha)	Meta (ha)
Antioquia	Por siembra	2013	14,22	26,62	40
		2014	12,4		
Valle del Cauca	Por siembra	2012	259,49	550,59	929
		2013	278,06		
		2014	13,04		
Nariño	Por siembra y zoca	2011	207,15	373,82	300
		2012	129,01		
		2013	43,15		
		2014	9,54		

Para la determinación del incremento de la producción de las áreas renovadas, se propuso construir un indicador en buenas prácticas asociado a la productividad; a partir de un instrumento construido para la verificación en el campo del proceso de renovación. Con los criterios agronómicos

establecidos, se ponderó cada uno de ellos de acuerdo a la influencia que tiene sobre la productividad (Tabla 86) y posteriormente de acuerdo con la consideración del experto, se determinaron los rangos (Tabla 87) para evaluar la implementación de buenas prácticas agrícolas asociadas a la productividad.

Tabla 86. Criterios que conforman el indicador en buenas prácticas agrícolas – BPA, asociados a la productividad.

Criterios	Rango	Pregunta		Valor Rango	Valor Máximo	Ponderado en producción (%)
Prepara el lote para la siembra. Si es sí 4, si es no 0	0-4	1.1			4	3%
Elimina los cafetales viejos. Si es sí 3, si es no 0	0-3	1.2			3	3%
Deja hojas como cobertura. Si es sí 3, si es no 0	0-3	1.3			3	3%
Realiza trazo a través de la pendiente. Si es sí 3, si es no 0	0-3	1.4			3	3%
Traza caminos en los lotes. Si es sí 3, si es no 0	0-3	1.5			3	3%
El tamaño del hoyo es adecuado. Si es sí 5, si es no 0	0-5	1.6			5	4%
El tamaño del hoyo se ajusta al de la bolsa. Si es sí 4, si es no 0	0-4	1.7			4	3%
Incorpora enmiendas. Si es sí 5, si es no 0	0-5	1.8			5	4%
La siembra coincide con la época de lluvias. Si es sí 5, si es no 0	0-5	1.9			5	4%
Retira la bolsa antes de sembrar. Si es sí 3, si es no 0	0-3	1.10			3	3%
Reemplaza los sitios perdidos. Si es sí 5, si es no 0	0-5	1.11			5	4%
Intercala cultivos. Si es sí 2, si es no 0	0-2	1.12			2	2%
Si la densidad es inferior a 5.000 marque 3	2-3 ó 5	1.13	<5.000	3		
Si la densidad está entre 5.000 y 7.500 marque 5	2-3 ó 5		5.000-7.500	5		
Si la densidad es superior a 7.500 marque 13	2-3 ó 5		>7.500	13	13	11%
	0-3	1.14				0%
Si tiene un tallo marque 3	2-3 ó 5	1.15	1	3		
Si tiene 2 tallos marque 5			2	5		

Continúa...

...continuación

Criterios	Rango	Pregunta	Valor Rango	Valor Máximo	Ponderado en producción (%)
Si tiene 3 ó más tallos marque 3			3	5	4%
Si el porcentaje de sombrío es inferior a 20% marque 4	2-3 ó 5	1.16	<20%	4	
Si el porcentaje de sombrío está entre 20% y 40% marque 8			20%-40%	8	
Si el porcentaje de sombrío es superior al 40% marque 2			>40%	2	7%
	0	1.17			
	0	1.18			
Si registra sitios perdidos marque 0, si no los registra marque 10	0-10	1.19		10	8%
Realiza análisis de suelo. Si es sí 3, si es no 0	0-3	2.1		3	3%
Actualiza el análisis de suelo. Si es sí 2, si es no 0	0-2	2.2		2	2%
Fertiliza con base en el análisis de suelo. Si es sí 5, si es no 0	0-5	2.3		5	4%
Si no observa ningún problema 12, si registra por lo menos uno de ellos marque 0	0-12	2.4		12	10%
Evalúa el nivel de daño de las enfermedades. Si es sí 2, si es no 0	0-2	2.5		2	2%
Evalúa el nivel de daño de las plagas. Si es sí 3, si es no 0	0-3	2.6		3	3%
Realiza control de enfermedades. Si es sí 3, si es no 0	0-3	2.7		3	3%
Realiza control de arvenses. Si es sí 3, si es no 0	0-3	2.8		3	3%
Prohíbe el ingreso de personal después de las fumigaciones. Si es sí 1, si es no 0	0-1	2.9		1	1%
Calibra los equipos. Si es sí 1, si es no 0	0-1	2.10		1	1%
Almacena los plaguicidas. Si es sí 1, si es no 0	0-1	2.11		1	1%
Almacena los fertilizantes. Si es sí 1, si es no 0	0-1	2.12		1	1%
Acopia los envases de agroquímicos. Si es sí 1, si es no 0	0-1	2.13		1	1%
				119	100%

Tabla 87. Rangos de calificación para el indicador en BPA asociado a la productividad.

Rango	Calificación
<32%	Muy Bajo
33-50	Bajo
51-70	Medio
71-90	Alto
>91	Muy Alto

Para tomar la información en el campo en las fincas de los Titulares de Derechos se realizó una reunión con el equipo técnico de los Comités de Departamentales, donde solo el Servicio de Extensión del Valle del Cauca se comprometió a su ejecución. En total se visitaron 201 predios de Titulares de Derechos que habían

renovado durante el período de 2012 - 2013 y se diligenció el instrumento.

La información obtenida en el campo se analizó y se confrontó con base en el SIC@ obteniendo los siguientes resultados.

Como se observa en la Tabla 88, el 94,5% de los Titulares presentaron una calificación media y alta, lo que indica que las renovaciones establecidas se llevaron a cabo de acuerdo a las recomendaciones técnicas realizadas por Cenicafe a través del Servicio de Extensión. Esta verificación contribuye a la productividad, la cual está asociada a variables exógenas (clima, luminosidad, entre otras) y endógenas como las evaluadas en los criterios del indicador.

Tabla 88. Porcentaje de renovaciones realizadas por los Titulares de Derecho por rango de calificación.

Rango	Calificación	Porcentaje de Titulares de Derechos
<32%	Muy Bajo	0,5%
33-50	Bajo	4,9%
51-70	Medio	78,1%
71-90	Alto	16,4%
>91	Muy Alto	0%

Posterior a estos resultados se procedió a realizar un nuevo análisis de las variables asociadas a la productividad, donde se obtuvieron los siguientes resultados. Como se observa en la Tabla 89, en términos generales, para cada departamento las variables asociadas con el incremento de la capacidad productiva han aumentado a favor de éste.

Tal como se observa el porcentaje del área renovada durante el año 2013 - 2014 con variedades resistentes a la roya del cafeto, respecto a las hectáreas que se encontraban con este tipo de variedades en el año 2010, tuvo un incremento del 13,7% para el caso de Antioquia, del 69,02% para el Valle del Cauca y del 71,9% en Nariño, lo que indica que entre los años 2010 y 2014 se ha venido aumentando el área renovada con variedades resistentes y han disminuido considerablemente las áreas con cafetales en variedades susceptibles a la roya del cafeto.

En cuanto a la edad del cultivo para el año 2013 - 2014 y como consecuencia de las renovaciones hechas a través de la intervención del Convenio, en cada uno de los departamentos desde el año 2011 la edad promedio para estos cafetales ha disminuido en un 87,05% con respecto al año 2010.

Para la densidad de siembra, ésta aumentó en el departamento de Antioquia con una variación del 8,9% y en el Valle del Cauca del 19,8%. En contraste, en el departamento de Nariño esta variable disminuyó en un 3,2%.

Disminución en el consumo del agua. Para contribuir en el cumplimiento de los resultados en el mejoramiento de la infraestructura de beneficio del café y ahorrando el 15% del consumo del agua en el proceso del beneficio del café; en el departamento del Cauca para el año 2014 se instalaron 140 unidades de beneficio faltantes para el cumplimiento del indicador; éstas se entregaron a los Titulares de Derechos con las respectivas recomendaciones técnicas dadas a través de una matriz de seguimiento, donde se hizo especial énfasis en el mantenimiento, higiene, el beneficio seco y la disminución del consumo de agua en el proceso del lavado del café.

Para el análisis de las matrices se tendrá en cuenta el resultado de éstas y la recopilación de la información obtenida a través de la segunda medición del SIGR, para determinar el ahorro en el consumo de agua en el lavado del café.

Implementación de buenas prácticas agrícolas en los predios de los Titulares de Derechos para contribuir a reducir los defectos en taza y físicos en el café pergamino seco.

Para contribuir con el cumplimiento de los resultados esperados sobre la calidad en taza y la calidad física se desarrolló un plan de acción para la implementación de

Tabla 89. Porcentaje de hectáreas renovadas en variedades resistentes y susceptibles, edad y densidad de los cultivos de café en los predios de los Titulares de Derechos del Valle del Cauca, Nariño y Antioquia durante el período 2013 - 2014.

Departamento	Variedades		Edad	Densidad
	Resistentes	Susceptibles		
Antioquia	73,4	26,6	1,20	5.418,2
Valle del Cauca	67,8	32,2	1,12	5.500,2
Nariño	80,2	19,8	1,09	5.264,6

las Buenas Prácticas Agrícolas- BPA en las fincas de los Titulares de Derechos. A continuación se describe la metodología propuesta dentro del SIGR:

Caracterización física y sensorial del café:

De acuerdo al diseño estadístico establecido para la caracterización de los predios de los Titulares de Derechos en buenas prácticas agrícolas para la implementación del SIGR, pertenecientes a la línea económica, se seleccionó una muestra aleatoriamente, de acuerdo a una asignación proporcional, con un coeficiente de confianza del 95% y un error de estimación del 10%.

En la Tabla 90 se presenta el tamaño de la muestra por departamento para la caracterización en BPA y análisis de la calidad del café.

Para la caracterización física y sensorial del café se tomaron muestras de café pergamino seco en el período de cosecha principal del año 2013, en los predios seleccionados aleatoriamente y caracterizados durante el año 2011 en buenas prácticas (Tabla 88). Estos análisis se realizaron en el laboratorio de Cafés Especiales de la Cooperativa de Caficultores de Manizales a través del panel de Catación.

Con las muestras de café enviadas y analizadas por los expertos, se establecieron los siguientes criterios para dar respuesta al resultado esperado sobre la disminución de los defectos en taza y físicos así:

Variables asociadas a los defectos físicos del café:

Porcentaje de humedad: Las muestras de café

con humedad fuera del rango (10% - 12%) fueron rechazadas y se reportaron como muestras de café que no cumplen los requisitos mínimos de calidad física.

Porcentaje de pasillas: Con las muestras de café que cumplieron con el rango del 10% al 12% de humedad, se determinó el porcentaje de granos vinagres, cardenillos, mordidos y astillados, entre otros. Para esta variable se puso como meta que los Titulares de Derechos con porcentajes de pasillas superiores al 1%, deberían disminuir sus pasillas para que fueran incluidos en los Programas de Cafés Especiales.

Porcentaje de granos brocados: Con las muestras de café que cumplieron con el rango del 10% al 12% de humedad, se determinó el porcentaje de granos picados por broca. Para esta variable se estableció como meta que los Titulares con porcentajes de granos brocados por encima del 1,5%, debían disminuir este defecto para ingresar al Programa de Cafés Especiales.

Análisis sensoriales del café:

Evaluar la presencia o ausencia de defectos, dando como resultado taza limpia o sucia.

Cabe resaltar que la evaluación de defectos en taza se focaliza en aquellos que causan rechazo (*stinker*, fenol, fermento y químico).

Con base en los resultados obtenidos de estos análisis se estructuraron los planes de mejoramiento que contribuyeron a la disminución de los defectos físicos en los granos de café y en taza, en las muestras tomadas durante el año 2014.

Tabla 90. Tamaño de la muestra para los departamentos de Nariño y Cauca.

Línea de Acción	Departamento	Municipio	No. de Familias	Muestra (familias caracterizadas en BPA) y análisis de café
Económica	Nariño	Consacá	150	205
		La Unión	110	
		El Tambo	110	
		Samaniego	150	
		Sandoná	150	
		Los Andes	150	
		San Lorenzo	110	
		Total		
Económica	Cauca	Jambaló	115	136
		Santander de Quilichao	115	
		Caloto	115	
		Corinto	115	
		Total		

Con los resultados de las dos evaluaciones físicas y sensoriales en los dos años o períodos de cosecha reportados por el panel de catación, se elaboró una base de datos por predio, para realizar los respectivos análisis.

Del total de la muestra determinada para el departamento de Nariño, se recibieron 165 muestras de cps para el año 2013 y 116 para el año 2014. Con la información obtenida a partir de las muestras recibidas, se hizo la caracterización física y sensorial del café (Tabla 91).

Como se observa en la Tabla 91, el porcentaje de Titulares de Derechos que disminuyeron los rechazos de café por humedad fue del 44,0%. En Colombia se ha determinado que el rango óptimo de humedad debe estar entre el 10% y el 12% para garantizar la calidad e inocuidad del grano.

Con relación al porcentaje de reducción en los defectos de taza se observa que ésta fue del 3,7%, si se tiene en cuenta que estas evaluaciones se llevaron a cabo en solo dos períodos de cosecha, se puede decir que hubo una disminución de los defectos en taza aceptable.

Es de analizar que este tipo de rechazos se deben específicamente por malas prácticas realizadas directamente por el caficultor, por lo tanto, se planteó la implementación del módulo de formación “Buenas Prácticas para producción de café de calidad” y de las matrices de seguimiento en el campo. Como respuesta de esta estrategia, se evidencian los resultados anteriormente descritos en donde la disminución de estos rechazos se hace notoria. Adicionalmente, cabe resaltar que el solo hecho de mantener y mejorar la calidad en dos períodos consecutivos es un gran avance, ya que como prueba de esto se tienen como soporte los resultados obtenidos por la Cooperativa de Caficultores de Salgar – Antioquia, donde a través de un trabajo de seguimiento y acompañamiento a los caficultores de esta zona, lograron disminuir los rechazos en taza del 25% (año 2006) al 3% (año 2014), lo que representa una reducción del 88% en 8 años.

También se observa el porcentaje de caficultores que obtuvieron disminución sobre los granos brocados fue del 29,8%, sin embargo las pasillas se incrementaron en un 13,6% lo cual puede deberse a las condiciones climáticas y al déficit hídrico durante el desarrollo del fruto, lo que lleva a que los granos inmaduros tomen una coloración negra, produciendo un defecto denominado grano negro.

De otra parte, se determinó el porcentaje de almendra sana (almendra total – almendra defectuosa/almendra total x 100), parámetro de calidad utilizado en las Cooperativas de Caficultores del país para pagar el precio a los cafeteros, la cual es pagada a un mejor precio si los valores se encuentran por encima del 75%. El resultado de esta variable fue: el 75,0% de los caficultores en el año 2013 obtuvieron valores superiores al 75% de almendra sana y en el año 2014 lo obtuvieron el 86,0% de los caficultores Titulares de Derechos, lo cual representó un incremento del 14,7%.

Adicionalmente, con los resultados alcanzados, dos Titulares de Derechos, de 359 caficultores del departamento de Nariño participaron en la feria de Café Expo Especiales que se llevó a cabo en octubre de 2014.

Del total de la muestra determinada para el departamento del Cauca, se recibieron 127 muestras de cps para el año 2013 y 72 para el año 2014. Con la información obtenida a partir de las muestras recibidas, se hizo la caracterización física y sensorial del café (Tabla 92).

Para el año 2013, el porcentaje de Titulares de Derechos que presentaron rechazos de café por humedad fue del 37,5%, mientras que para el año 2014, los rechazos por humedad fueron de 30,6%, lo que representa una reducción del 18%.

Con relación al porcentaje de reducción en los defectos de taza, se observa que ésta fue del 36,4%, si se tiene en cuenta que estas evaluaciones se llevaron a cabo en solo dos cosechas.

Tabla 91. Porcentaje promedio de cafeteros de Nariño que presentan las características de las variables evaluadas por año y cambio porcentual del 2014 respecto al 2013.

Variables evaluadas	2013		2014		% Reducción
	Promedio	EE	Promedio	EE	
Almendra rechaza por porcentaje de humedad	25,0%	6,6%	14,0%	6,3%	44,0%
Tazas con defecto (fermento, fenol o vinagre)	27,0%	6,8%	26,0%	8,0%	3,7%
Almendra defectuosa (pasilla superior al 1%)	59,0%	7,5%	67,0%	8,6%	-13,6%
Almendra defectuosa (granos brocados por encima del 1,5%)	57,0%	7,6%	40,0%	8,9%	29,8%

Tabla 92. Porcentaje promedio de cafeteros del Cauca que presentan las características de las variables evaluadas por año y cambio porcentual del 2014 respecto al 2013.

Variables evaluadas	2013		2014		% Reducción
	Promedio	EE	Promedio	EE	
Almendra rechaza por porcentaje de humedad	37,5%	8,4%	30,6	10,6%	18,5%
Tazas con defecto (fermento, fenol o vinagre)	45,8%	8,7%	29,2	10,5%	36,4%
Almendra defectuosa (pasilla superior al 1%)	81,9%	6,7%	88,9%	7,3%	-8,5%
Almendra defectuosa (granos brocados por encima del 1,5%)	51,0%	8,7%	40,0%	11,3%	21,6%

También se observa que el porcentaje de caficultores que obtuvieron reducción sobre los granos brocados; fue del 21,6%; sin embargo, al igual que en Nariño las pasillas se incrementaron en un 8,5%, por las condiciones climáticas donde los periodos secos influyeron sobre la calidad física del grano.

Con relación al porcentaje de almendra sana, el resultado de esta variable fue así: el 58,3% de los caficultores en el año 2013 obtuvieron valores por encima del 75% de almendra sana y en el año 2014 lo obtuvieron el 70,8% de los Titulares de Derechos, lo cual representó un incremento del 21,4%.

Vale la pena mencionar que con los resultados alcanzados, tres Titulares de Derechos del departamento del Cauca participaron en la primera feria y Concurso Regional de Cafés de Alta Calidad Cauca *Best Cup* realizada en Santander de Quilichao, en el mes de agosto de 2014, en donde a dos de ellos se les pagó precio por carga de \$800.000, mientras que un caficultor llegó a la final en donde participó en la subasta en vivo y obtuvo un precio por libra de café de US\$ 4,30 dólares; de igual manera, la participación de estos Titulares de Derecho también se vio reflejada en la Feria Expo Especiales del mes de octubre, donde ocuparon el puesto 6 y 14, respectivamente.

Es de resaltar que históricamente la zona norte del Cauca no había sido vista con potencial de producción para los Programas de Cafés Especiales de la FNC, hasta después de la intervención del Convenio Huellas de Paz donde se pudo expresar este potencial.

Implementación de buenas prácticas agrícolas en los predios de los Titulares de Derechos para contribuir a la sostenibilidad.

De acuerdo con los resultados de la auditoría realizada en el departamento del Cauca en el año 2014, en el proceso de verificación del Código de Conducta para

la Comunidad Cafetera “4C”, donde fueron evaluados 180 Titulares de Derechos, se concluyó por parte del auditor lo siguiente:

“El Convenio Huellas de Paz contribuyó a la mejora del departamento, gracias a la implementación de buenas prácticas agrícolas, capacitación personalizada y compromiso de los productores vinculados”.



Programa Forestal KfW



PROGRAMA FORESTAL KfW

Evaluación de la implementación de corredores biológicos y un sistema de gestión integrado, en las áreas de influencia del Programa forestal KfW

Este proyecto tiene como objetivo mejorar el manejo de la biodiversidad por parte de los agricultores a través de la implementación del modelo “Construyendo un corredor de conservación en nuestra región cafetera”, por medio del cual están implementando herramientas de manejo del paisaje y un sistema integrado de gestión en buenas prácticas agrícolas, en las fincas de los caficultores que se encuentran en las áreas seleccionadas, en siete microcuencas cafeteras. Durante el 2014 se ha avanzado principalmente en la implementación de las herramientas del manejo del paisaje, el programa de educación, la consolidación del trabajo comunitario y el inicio de la implementación de buenas prácticas agrícolas con criterios de sostenibilidad.

A continuación se describen los principales avances relacionados con las dimensiones ambiental, económica y social, establecidas por Cenicafé.

En cuanto a la dimensión ambiental, de las aproximadamente 1.500 hectáreas de herramientas de manejo del paisaje (HMP) que se esperan sembrar como cercas vivas, sistemas agroforestales de café, plantaciones con especies nativas y minicorredores, se reportan un total de 476 hectáreas establecidas al 30 de septiembre de 2014. La evaluación futura del efecto de la implementación de las HMP en las microcuencas proveerá información para la adaptación de la caficultura al cambio climático. Adicionalmente, se realizó la definición de la infraestructura que permitirá mejorar el desempeño ambiental de las fincas de los beneficiarios de las microcuencas, a través de un proceso de definición de indicadores que permite establecer de forma objetiva y transparente las necesidades requeridas en las fincas, con sustento en la línea base y en la participación de los agricultores.

En cuanto a la dimensión social, se ha consolidado el trabajo comunitario a través de comités participativos de jardinería, residuos sólidos, mejoramiento de vías y caminos, protección de humedales, protección de fauna, revisión de predios de la parte alta de la microcuenca El Burro, educación ambiental, y protección y recuperación del Cerro Morrón. A través de estos comités se busca fortalecer el trabajo en equipo, la solidaridad, el fortalecimiento del capital social e inducir a la acción, sobre todo en materia de conservación, llevando así a las personas a concretar su intención de realizar acciones de conservación. De igual forma, se realizó el trabajo con las instituciones educativas que se encuentran ubicadas en la microcuenca, resaltando la formalización de dos grupos de observadores de aves.

En cuanto a la dimensión económica, se realizaron análisis de calidad de café a los beneficiarios de la microcuencas, para iniciar con los planes de mejoramiento de acuerdo a los resultados obtenidos, en busca de mejorar la calidad del café y su productividad.

En cuanto al plan de formación, se destaca la implementación de los módulos “Conservando la biodiversidad de nuestro corredor” y “Produciendo café con calidad en nuestro corredor” para 727 personas en las diferentes microcuencas, con el apoyo del SENA. De igual forma, con el apoyo de la FMM, se realizó el Módulo de “Conservando el agua y el suelo de nuestro corredor y la guía de implementación “Mi finca soñada. Plan de corredor plan de mejoramiento” para los cuales se tiene planeado iniciar la implementación con el apoyo del SENA, en 2015.

Es importante resaltar la vinculación al proyecto de instituciones como las Corporaciones Autónomas, Alcaldías, Cooperativas de Caficultores, Fondo de Ganaderos, Isagen, Smurfith Cartón Colombia, Fundación Calidris. Instituciones que a través de su apoyo permiten fortalecer las actividades del proyecto, facilitando la unificación de criterios y trabajando mancomunadamente por la protección de las microcuencas y las comunidades.

Actividades realizadas durante este período

De acuerdo a las actividades definidas en la metodología del proyecto (Figura 153), durante este período se realizaron avances en las siguientes actividades: (1) Línea base, (2) Implementación – Planes de intervención; y (3) Programa de educación.

Caracterización de la línea base

Para la entrega de resultados se han realizado dos jornadas diferentes, una dirigida a los integrantes de los Comités Departamentales y Municipales de Cafeteros, y otra a la comunidad. Para las jornadas se utilizaron metodologías diferentes, de acuerdo al público objetivo.

La entrega de resultados a los Comités se desarrolló por medio de presentaciones orales, a la cual se convocó a cada uno de los coordinadores y técnicos KfW, Director Ejecutivo, Líderes de Extensión, Coordinadores Seccionales y Técnicos del Servicio de Extensión, además de entidades aliadas en la zona. La entrega de resultados en cada microcuenca fue acompañada de la entrega del informe escrito de la línea base, las presentaciones y las base de datos de cada microcuenca (Tabla 93). En la misma reunión, se realizó la presentación de la metodología para la selección de infraestructura que se va a implementar en las fincas de los beneficiarios, teniendo en cuenta que esta metodología es basada en los resultados de la línea base.

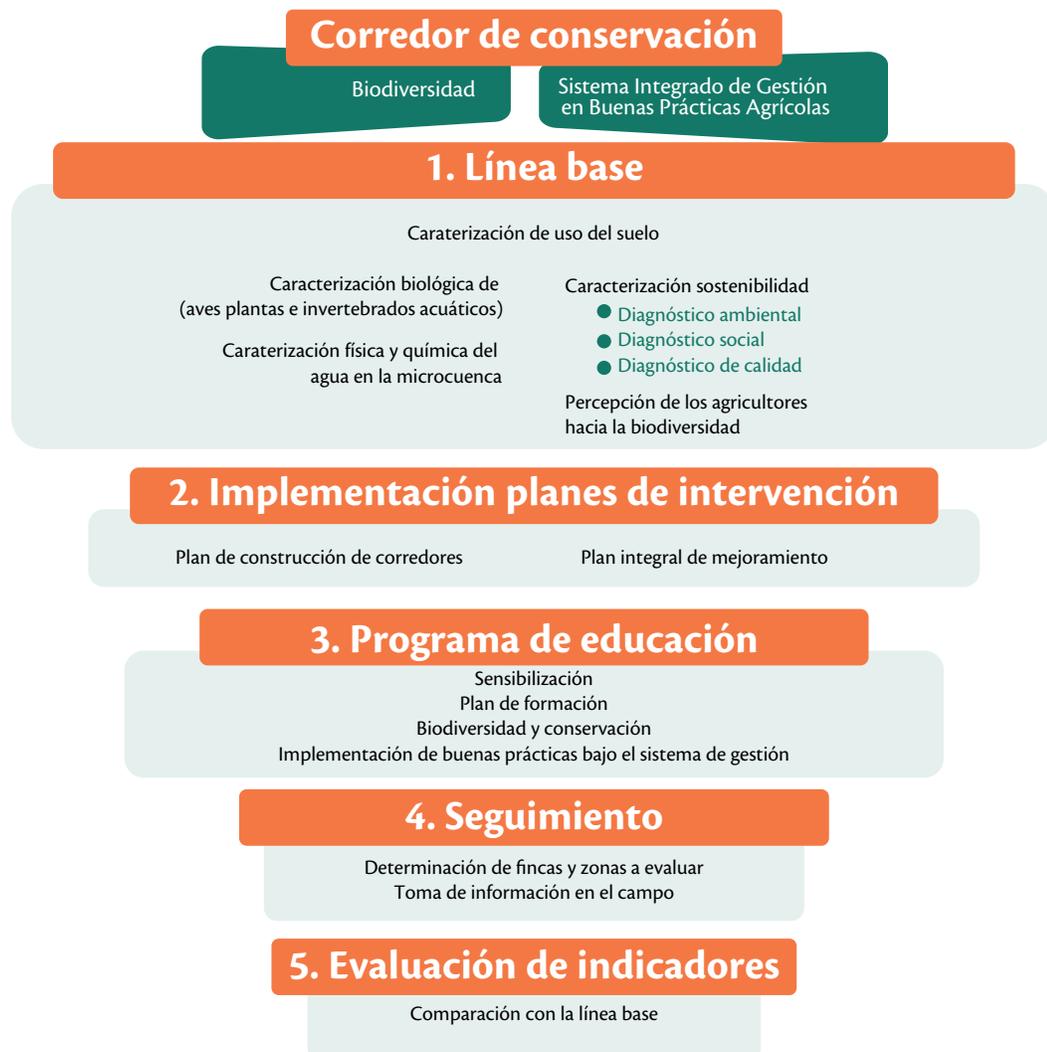


Figura 153. Actividades a realizar incluidas en la metodología definida para el proyecto.

Tabla 93. Microcuencas de trabajo Proyecto KfW.

Microcuenca
La Lajita, Timbío, Cauca
La Esmeralda, Santuario, Risaralda
El Ramo, Zapatoca, Santander
El Burro, El Pital, Huila
El Congal, Pensilvania, Caldas
La Arboleda, Ciudad Bolívar, Antioquia
Campeón, Fresno, Tolima

Para entregar los resultados a la comunidad, se diseñó una jornada de día de campo con el fin de mostrar los adelantos del proyecto con respecto a la línea base en biodiversidad, el trabajo de la comunidad y el plan de formación del SENA.

Con esta actividad se buscó: (1) Realizar un reconocimiento a los beneficiarios por su participación activa en el plan de formación del proyecto, (2) Realizar la entrega de resultados de la línea base en lo concerniente a los resultados en biodiversidad, y (3) Resaltar el trabajo de los comités comunitarios.

Esta actividad se realizó en las microcuencas El Ramo, Zapatoca - Santander; La Arboleda, Ciudad Bolívar - Antioquia, y El Burro, El Pital - Huila.

Implementación - Planes de intervención

La implementación tiene dos ejes, la planeación del plan de corredor a partir de las herramientas del manejo del paisaje y los planes de mejoramiento relacionado con las BPA.

Plan de corredor. Continúa la producción del material vegetal requerido para el establecimiento de 1.500 nuevas hectáreas de Herramientas de Manejo de Paisaje, reportando a la fecha un total de 291.638 plántulas en producción en los viveros.

También se reporta un total de 476 hectáreas de Herramientas del Manejo del Paisaje establecidas en el 2014 (Tabla 94), vale la pena anotar que la programación de siembras de las áreas faltantes está prevista para el segundo semestre del año, teniendo cuidado de que se presente normalidad en los períodos de lluvias previstos para los próximos meses¹.

Es importante tener en cuenta que los responsables directos del establecimiento de las Herramientas del Manejo del Paisaje, la negociación con los agricultores y el seguimiento al vivero son los Técnicos KfW de cada zona; sin embargo, Cenicafé apoya en la sensibilización a la comunidad para que participen del programa forestal, mejorando el conocimiento de tal forma que entiendan las ventajas de tener en sus fincas una o más herramientas del manejo del paisaje, y el valor y reconocimiento de su entorno natural a través del programa de educación y los planes de intervención.

Planes de mejoramiento

Los planes de mejoramiento tienen tres aspectos importantes (1) la definición de infraestructura a implementar en las fincas de los agricultores, (2) los resultados de calidad de café y (3) la implementación de la guía plan de corredor.

1. Definición de infraestructura

La infraestructura que se va a instalar en las fincas de los beneficiarios debe garantizar que los procesos postcosecha del beneficio disminuyan el impacto al medioambiente, para cumplir con el objetivo del proyecto de descontaminar las fuentes hídricas y mejorar el desempeño ambiental de la microcuenca.

¹ Información suministrada por el Coordinador Nacional del Programa Forestal. Tomado del Informe 03 de 2014.

Tabla 94. Material vegetal entregado en cada una de las microcuencas.

Herramienta del Manejo del Paisaje	Meta a 31/12/2015 (ha)	Ejecución a 31/12/2013 (ha)	Ejecución 2014 (ha)	Avance (%)
Conservación de bosques naturales - sin cerco	1.540	334	150	31
Conservación de bosques naturales - con cerco	580	148	46	33
Minicorredores - con cerco	200	32	13	23
Cercas vivas	420	118	34	36
Plantaciones forestales con nativas	400	40	28	17
Sistemas agroforestales	500	237	197	87
Plantaciones con guadua	100	9	9	18
Total	3.740	917	476	37%

A partir de esto se definió como la infraestructura más adecuada la siguiente:

- Tolva de recibo en seco
- Adecuación para el transporte de pulpa sin agua por gravedad
- Adaptación de tornillo sinfín para transportar pulpa
- Tanques de fermentación y lavado
- Instalación de tratamientos poscosecha físico o biológico
- Construcción de fosa techada
- Construcción de lombricomposteras
- Tratamientos de aguas domésticas (pozo, trampa de grasa y filtro anaerobio)

Después de identificar la infraestructura sobre la cual se iban a realizar las inversiones, se estableció el siguiente mecanismo para identificar cómo se harían las inversiones y definir los beneficiarios y el proceso de selección.

Definición de beneficiarios: Para identificar los beneficiarios que recibirían implementación de infraestructura se tomaron en cuenta diferentes criterios que permitieran tomar decisiones, acertadas, objetivas y transparentes.

- Infraestructura de cada beneficiario: Obtenida en los resultados de infraestructura tomados en la caracterización, la cual ayuda a establecer prioridades de infraestructura para cada beneficiario.
- Impacto ambiental de la finca: A partir del Indicador de Calidad ambiental "ICA", el cual ayuda a identificar el nivel de impacto ambiental.
- Participación en las actividades del programa de educación: A partir del Indicador de participación el cual incluye la participación en las actividades de sensibilización y en el plan de formación del SENA. Es un criterio imprescindible para adquirir infraestructura.
- Que los agricultores ya contaran con Herramientas del Manejo del Paisaje: A partir de la información suministrada por los técnicos KfW con base a los contratos hechos con los beneficiarios. Al igual que la participación, los beneficiarios a los cuales se les dio infraestructura deben implementar estas herramientas y ser usuarios KfW de biodiversidad.

A continuación se describen los criterios de forma detallada:

El indicador ICA: Para la construcción de este indicador se tomaron como base los resultados de las investigaciones realizadas en Cenicafé, donde se hace referencia al proceso de beneficio húmedo del café, donde el manejo del exocarpio desde el fruto hasta los sistemas de transformación, sin utilizar agua y reutilizando los drenados tienen una ponderación del 70%. El ahorro del agua y el manejo de lixiviados y aguas residuales mediante sistemas de tratamiento tienen una ponderación de 25% y finalmente el re- uso del agua tratada tiene una ponderación del 5%. La ponderación de cada caficultor evidencia su nivel de impacto en el beneficio, siendo los valores cercanos a 1, aquellos con menor impacto. A continuación se describen los criterios del indicador ICA (Tabla 95):

Tabla 95. Criterios que conforman el Indicador de calidad ambiental ICA.

Actividad en el proceso de beneficio del café	Ponderación
Tolva seca	0,05
Despulpado sin agua	0,15
Transporte de pulpa sin agua	0,15
Pulpa en fosa techada	0,15
Descomposición pulpa bajo techo (lombricultivo o realiza prácticas de compostaje)	0,15
Recolección y tratamientos de drenados de pulpa	0,05
Utiliza de <5 L de agua en el lavado de 1 kg de café (desmucilagador – tanque tina)	0,10
Sistemas de tratamiento de agua o uso para alimentación animal	0,15
Re-uso del agua tratada	0,05
Total del indicador	1,00

Para el análisis de la infraestructura, se construyó una base de datos en Excel, a partir de la información base, lo que permitió tener muy claro con qué cuenta cada agricultor y de esta forma facilitar el proceso de toma de decisión de los Técnicos del Servicio de Extensión.

Indicador de participación: El objetivo de este indicador es beneficiar a los agricultores que han participado en las diferentes actividades que se han realizado en la microcuenca; teniendo en cuenta, que a la fecha del informe ellos no saben que se les va a realizar una inversión de infraestructura en su finca. Para este indicador se tiene en cuenta su participación en los comités comunitarios, liderazgo, aportes a las actividades de los comités, y participación en las jornadas de sensibilización y de plan de

formación (Tabla 96). Este criterio de participación es indispensable para acceder a la implementación de infraestructura, cada beneficiario cuenta con un valor del indicador, que le asignará un nivel de prioridad sobre los demás, siendo los valores cercanos a 1, aquellos beneficiarios que más participan.

Tabla 96. Criterios que conforman el indicador de participación.

Actividades realizadas	Ponderación
Participación en los comités comunitarios	0,15
Lidera uno de los comités comunitarios	0,20
Ha participado en las jornadas de sensibilización	0,15
Inscritos y aprobados en la formación con el SENA	0,35
Aporte para el proyecto en especie (terreno, materiales)	0,15
Total del indicador	1,00

Descripción del proceso de selección:

Se construyó una base de datos por microcuenca, con la información de cada beneficiario sobre cada uno de los criterios a evaluar y la información particular de la infraestructura que posee en el momento de la realización de la toma de información de la línea base. De esta forma, se pueden categorizar los beneficiarios por grupos de prioridad de la siguiente forma (Figura 154).

Grupo I. Prioridad 1, para recibir infraestructura productiva.

Grupo II. Prioridad 2, para recibir infraestructura de saneamiento básico.

Grupo III. Prioridad 3, para recibir infraestructura de saneamiento básico.

Grupo IV. Prioridad 4, para recibir infraestructura de productiva, - siempre y cuando se comprometa a sembrar HMP-.

Grupo V. Prioridad 5, para recibir infraestructura de saneamiento básico, - siempre y cuando se comprometa a sembrar HMP-.

Grupo VI. Prioridad 6, para recibir infraestructura de saneamiento básico, - siempre y cuando se comprometa a sembrar HMP-.

Posteriormente, el equipo técnico de Cenicafé entregó a cada Comité de Cafeteros los resultados de la línea base, con una presentación de la metodología de selección y se dejó la tarea a los Comités de identificar la infraestructura que requería cada agricultor, teniendo en cuenta la ponderación de los índices, la categoría de priorización de los grupos y la información de sus zonas de trabajo. Posteriormente enviaron las bases de datos diligenciadas a Cenicafé.

2. Resultados de Calidad de Café

Se estableció la metodología de implementación de buenas prácticas para conocer la calidad del café que se produce en las microcuencas, para lo cual con el apoyo de los Comités de Cafeteros se realizaron los análisis. A la fecha del informe han entregado los resultados las microcuencas de Santander, Caldas, Tolima y Risaralda.

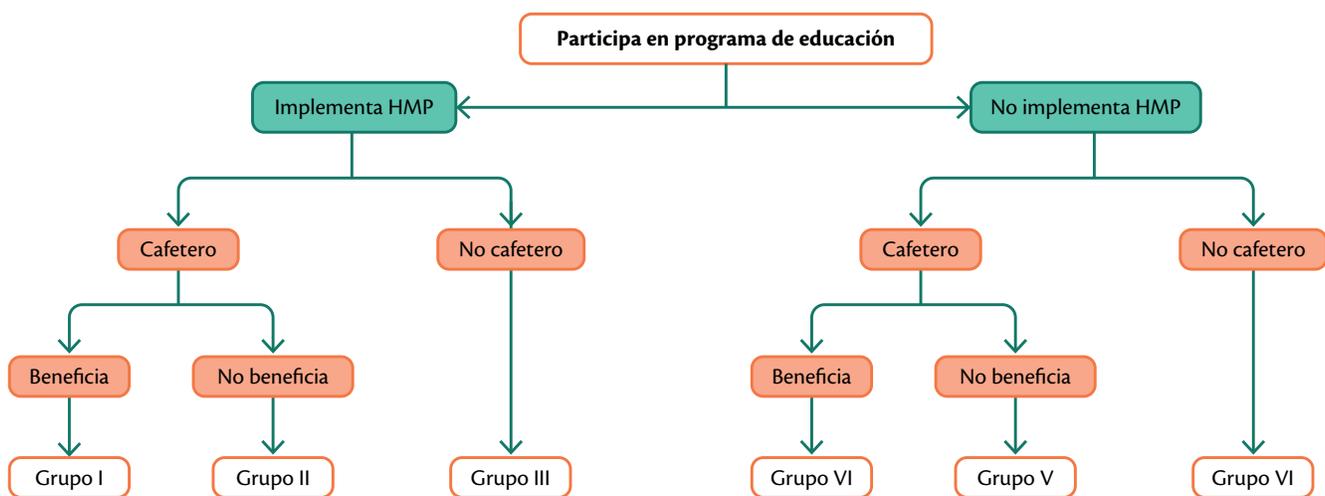


Figura 154. Diagrama de selección de infraestructura.

3. Implementación de la guía Plan de corredor - Plan de mejoramiento

La guía se encuentra en la revisión y diagramación por parte de la Fundación Manuel Mejía. Se tiene planeado iniciar con la implementación en el primer trimestre del año siguiente.

Programa de educación

El programa de educación tiene dos componentes principales, el plan de formación y la sensibilización. Estos dos componentes son la base para lograr el cambio en la actitud y el fortalecimiento del conocimiento, lo que permitirá un cambio en el comportamiento de las personas que hacen parte de las microcuencas.

Plan de Formación. Para realizar esta actividad, se tiene en cuenta: (1) la elaboración de los módulos de formación y (2) la implementación por parte del SENA a los agricultores de las microcuencas.

Elaboración de los módulos de formación: Para la definición del contenido se tuvieron en cuenta las necesidades y objetivos del proyecto y los resultados de la línea base. Los investigadores de Cenicafé desarrollaron los contenidos técnicos y la Fundación Manuel Mejía el desarrollo pedagógico y la diagramación de los mismos.

Sensibilización

Fortalecimiento de comités comunitarios: Durante el año anterior se crearon comités de trabajo comunitarios conformados por beneficiarios de la microcuenca y bajo un esquema de trabajo cooperativo con identificación de líderes, actores y responsables. Bajo este esquema los comités creados tienen varias temáticas a tratar, pero a la luz de que los objetivos de los grupos se complementan, las dinámicas permitieron que varios de los grupos hicieran trabajo en conjunto para enriquecer sus actividades. De esta forma, los grupos que sobresalen son los que manejan los temas de jardinería y manejo de residuos sólidos.

Los objetivos que se persigue con el trabajo de los comités comunitarios, son: Contribuir al fortalecimiento de las comunidades, recuperar valores como la confianza, solidaridad y cohesión de las comunidades; promover la participación de la comunidad para incentivar comportamientos de conservación y promover la sostenibilidad del corredor a largo plazo. Además de las actividades direccionadas desde Cenicafé, los comités desarrollan por iniciativa propias diferentes actividades que coordinan con los extensionistas KfW.

Descripción de Comités Comunitarios

Comité de jardinería: En este comité se está fomentando la incorporación del tema de biodiversidad al jardín, sensibilizando hacia la protección de las especies nativas, la responsabilidad frente a cada práctica que se realiza en las fincas y su impacto en la conservación de la biodiversidad, los beneficios que tiene atraer la biodiversidad en el jardín, el bienestar que trae el embellecimiento de las fincas, y la utilización que se le puede dar a los residuos sólidos en el jardín. Además de embellecer los jardines de la microcuenca y lograr atraer la biodiversidad, se espera elaborar un programa de monitoreo en los jardines, programa que será paulatino y participativo entre los integrantes de la familia. Este comité se encuentra activo en todas las microcuencas del proyecto, a excepción de la microcuenca La Esmeralda en Risaralda.

Comité de manejo de residuos sólidos: Estos comités buscan incidir de manera positiva en una problemática que ha sido considerada como prioritaria en todas las microcuencas. El enfoque ha sido planteado desde la educación a los beneficiarios, con manejo responsable y buen uso de los residuos que se generan en las fincas de los beneficiarios. En muchos de los casos, los grupos han propuesto la elaboración de centros de acopio tanto en las fincas como en lugares estratégicos de las vías. Se tiene proyectado que estos grupos ayuden a realizar una caracterización de los residuos sólidos que se producen en la microcuenca, para ayudar a justificar acuerdos con los gobiernos locales para la recolección de las basuras en las zonas donde no se está ofreciendo este servicio. Adicionalmente, este comité se ha articulado con el comité de jardinería, en actividades que integren el aprovechamiento de los residuos en materiales útiles y embellecidos para el jardín.

Comité de educación ambiental: Aunque esta temática se maneja de forma transversal a los otros comités comunitarios, en la microcuenca El Ramo en Zapatoca- Santander, ha sido identificada como prioritaria. Este comité se ha integrado de forma articulada a los comités existentes de Jardinería y Manejo de residuos sólidos. Cuentan con el apoyo del técnico de Servicio de Extensión y la emisora local.

Comité de embellecimiento de vías: Este comité funciona en tres microcuencas: Cauca, Campeón y el Burro. Sus enfoques, aunque un poco diferentes, buscan mejorar las vías de la microcuenca. En la microcuenca La Lajita, el trabajo ha estado enfocado en embellecer la vía mediante la siembra de especies ornamentales y la instalación de paraderos (obra que se encuentra en construcción); en la microcuenca

Campeón se han enfocado en realizar diagnósticos del estado de las vías para identificar puntos críticos, debido a los problemas de estabilización identificados; y en la microcuenca El Burro, las labores han estado direccionadas al embellecimiento de la vía mediante la siembra de árboles frutales.

Comité de protección de la quebrada: Este comité funciona en la microcuenca El Burro y por medio de la educación ambiental busca promover el cuidado de la quebrada el Burro. Este comité tiene proyectado establecer un sendero ecológico para lo cual está adecuando el camino que colinda con la quebrada y ha adelantado la elaboración de letreros educativos. Estas acciones están encaminadas a solucionar la problemática identificada, debido a que la microcuenca es usada como lugar de recreación por los habitantes de los municipios de la Plata y el Pital.

Comité de protección de humedales: Se encuentra funcionando en el departamento del Cauca, donde se han identificado los humedales como sistemas prioritarios de conservación en la microcuenca. Este comité se ha articulado con las actividades de la Corporación Autónoma del Cauca, y se han formado como “guardianes de los humedales”, figura de la CRC para aquellas personas que han participado de una capacitación no formal en el tema de los humedales y realizan las actividades establecidas en los planes de trabajo.

Comité de protección de fauna: En la actualidad este comité ha realizado actividades de sensibilización mediante la elaboración de letreros junto con los comités embellecimiento de vías y de jardinería. Se espera que tanto los miembros de este comité como el comité de jardinería suministren información de la fauna de la microcuenca Campeón.

Comité de revisión de predios de la parte alta de la microcuenca el Burro: Éste ha sido impulsado por la junta administradora del acueducto de Cinco Veredas, el interés particular es monitorear qué ocurre con los predios que se encuentran en el nacimiento de la quebrada y establecer alarmas y estrategias para mitigar las amenazas sobre el nacimiento. Hasta el momento han realizado recorridos de exploración para identificar situaciones que puedan estar perjudicando el nacimiento.

Comité de protección y recuperación del Cerro Morrón: En la microcuenca El Congal se encuentra un cerro que cuenta con un área de vegetación natural importante, que ha sido identificado como prioritario por la comunidad para realizar labores de educación ambiental y como potencial para el turismo regional.

Esta iniciativa cuenta con el apoyo de grupos locales que desean conocer qué especies de fauna y flora se encuentran viviendo en el Cerro, y proyectan adecuar y embellecer el sendero que lleva a la parte alta del cerro, con la futura construcción de un mirador en la cima de Cerro.

Actividades desarrolladas para Comités Comunitarios

Para el fortalecimiento de los comités se diseñaron actividades puntuales que buscaron fortalecer a cada comité, generar apropiación y compromiso en la construcción del corredor de conservación, incentivar la participación de la comunidad en el proyecto y mejorar las capacidades de los integrantes de los comités. Para una de las actividades se elaboró un guión donde se describe cada actividad, con objetivos, materiales utilizados y dinámica de la misma. Además de estas actividades se realizan otras actividades y talleres de capacitación en temas puntuales identificados en las microcuencas.

Taller elaboración letreros, y mosaicos y materas con material reciclado: Los objetivos de estas jornadas de capacitación y sensibilización son: crear un espacio de esparcimiento donde se promueva el trabajo en equipo, promover la utilización, aprovechamiento y el manejo los residuos sólidos de las fincas, motivar el grupo para continuar trabajando en el mejoramiento de las fincas de las microcuencas seleccionadas y mejorar la apropiación del territorio en la comunidad de la microcuenca.

Taller planeación del jardín: Las actividades propuestas para esta sesión tienen como objetivos: Enseñar a los participantes el esquema PHVA y mostrarles sus ventajas; establecer los objetivos del jardín de cada uno de los participantes; dar a conocer a los participantes diferentes tipos de jardín y su utilidad; realizar la planeación de cada uno de los jardines de los participantes y lograr que los participantes tengan en cuenta los conceptos de sostenibilidad y biodiversidad en la planeación de sus jardines.

Taller de biodiversidad en el jardín y elaboración de comederos para aves en materiales reutilizados: El objetivo de este taller es sensibilizar y motivar a la comunidad de la importancia de la biodiversidad en lo concerniente a los servicios ecosistémicos, además de brindar herramientas para atraer la biodiversidad a los jardines de los beneficiarios de las microcuencas. En este taller se enfatiza cómo las pequeñas acciones que se tienen pueden beneficiar la fauna, y las implicaciones que tienen éstas sobre los individuos y la población. Se espera

que las herramientas implementadas en los jardines puedan ser monitoreadas por los beneficiarios de la microcuenca.

Es importante tener en cuenta que en las microcuencas se conformaron dos grupos por cada comité, teniendo en cuenta la extensión de la microcuenca, el número de veredas y el número de participantes. Por lo cual es necesario realizar varios talleres en las microcuencas, pues no es posible reunirlos en un mismo espacio.

De igual forma, las ventajas de tener conformados diferentes comités por microcuencas permite fortalecer los lazos entre los miembros, lo cual se está viendo reflejado en el fortalecimiento de las redes de apoyo, estrategia base para el fortalecimiento del capital social.

Jornada evaluación de planes de trabajo. La construcción de los planes de trabajo se convierte en una herramienta esencial para la planeación y monitoreo de las actividades de los comités comunitarios. Estos planes de trabajo son construidos por la comunidad participante, bajo la asesoría y acompañamiento del equipo KfW. Estos planes de trabajo son revisados en varias etapas y ayudan a que la comunidad se evalúe y replantee sus actividades.

Programa de formación y apoyo a grupos de observadores de aves

El objetivo general de este programa es promover la conservación de las aves a través de su estudio, y de esta manera promover la conservación del entorno natural del café en la búsqueda de la sostenibilidad ambiental. El programa fue creado en respuesta al interés que ha mostrado la comunidad en el estudio de la avifauna de sus regiones, y modificado en base a experiencias anteriores que tiene Cenicafé. Se espera que este programa pueda establecerse como un programa de monitoreo en el cual la comunidad pueda aportar información sobre el efecto de las HMP sobre la biodiversidad regional. Sus objetivos puntuales son: Promover la conservación de las aves a través de su estudio; promover el interés por la conservación del entorno natural del café y por la búsqueda de la sostenibilidad ambiental; capacitar a la comunidad para que desarrolle iniciativas de investigación.

Este programa busca además realizar alianzas estratégicas con otras entidades locales que apoyen a los grupos de observadores. En este respecto, la Fundación Calidris, a partir del 1 de septiembre será un aliado estratégico del proyecto, debido a que van a trabajar apoyando directamente con el grupo de

observadores de aves de la microcuenca la Lajita en el Cauca y además van a apoyar con materiales e insumos para la protección de algunos predios de la parte alta de la microcuenca. De otra parte, con el apoyo de la Dirección de Cenicafé y desde la coordinación del Programa Forestal, las demás microcuencas del proyecto entrarán hacer parte de la Red de protección de aves migratorias, proyecto coordinado por Calidris.

Talleres de capacitación y fortalecimiento

Los talleres no solo se realizan en el marco del plan de formación, las actividades se realizan inicialmente a los grupos objetivo para despertar el interés en la observación de aves, con este objetivo el proyecto busca articularse a los procesos que se desarrollan en las instituciones educativas de las microcuencas, por medio de la realización de charlas, talleres y actividades de sensibilización. En la medida en que tanto los estudiantes como los docentes muestren un interés particular, se profundizará en las temáticas y se generarán procesos continuados y la conformación de los grupos de observadores de aves. Las actividades incluyen talleres de formación y capacitación, y salidas de observación de aves.

Otras actividades

Jornadas de evaluación con equipo técnico KfW.

En la implementación del trabajo es necesario realizar evaluaciones constantes con el equipo técnico del proyecto para identificar aspectos a mejorar y desarrollar estrategias conjuntas para beneficio del proyecto, para esto se realizan reuniones de evaluación en cada salida de campo. Adicionalmente, se realizó una jornada de evaluación bajo un esquema de análisis DOFA con el equipo técnico de Cenicafé para el trabajo realizado en las siete microcuencas, este análisis pudo replicarse con el equipo técnico de las microcuencas Campeón, La Lajita y El Burro.

Fases SIG (Sistema de Información Geográfica) en la construcción de los corredores

Los SIG se han convertido en fase fundamental en la construcción de los Corredores de Conservación. Hasta el momento el proyecto ha pasado por las fases de diagnóstico y planeación, y se encuentra adelantando actividades de las fases de implementación, monitoreo y evaluación.

Diagnóstico. El proyecto inició identificando municipios de interés donde se implementarán los corredores. La selección de las microcuencas se realizó a través de reuniones de planeación participativa, durante las cuales se evaluó la información recolectada sobre la microcuenca, para tomar decisiones acerca de la localización y trayecto

del corredor y las herramientas a utilizar para su construcción. Una vez definido el municipio, se revisó toda la cartografía del lugar utilizando como uno de los insumos principales el Modelo Digital de Terreno (CIAT v. 4.2) 90 m, para determinar el diseño, área y la forma de cada microcuenca (Figura 155).

Mediante trabajo de campo, se verificó y se ajustó el modelo obtenido por el software "ArcAPEX; Interfaz de ArcGIS 9.3"; y a la vez se realizó el proceso levantamiento de información de uso de suelo de cada microcuenca (Figura 156).

Se realizó la ubicación espacial de todos los predios que hacen parte de cada microcuenca, asociando a cada predio la información levantada por los encuestadores, permitiendo realizar diversas consultas arrojando resultados mapificados "Caracterización Biológica, Sostenibilidad" (Figura 157).

Planeación. Mediante reuniones de Planeación Participativa se integró a la comunidad y diferentes entes, en la selección óptima de cada trayecto de corredor y en las herramientas de manejo de paisaje a implementar en cada zona. En estas reuniones

se buscó la participación de la comunidad y de los diferentes actores de la región, como los Comités de Cafeteros, los gobiernos locales, las entidades ambientales, la empresa privada y las personas o instituciones interesadas en la región. En esta etapa de planeación, se definió la zona y el tipo de herramientas a establecer, teniendo en cuenta las zonas a proteger y fortalecer (Figura 158).

Implementación y monitoreo. Con la información de uso de suelo de cada microcuenca y la información de cobertura correspondiente a bosque naturales, zonas de protección, se tuvo como resultado una serie de parches o zonas, cuya función principal es la de conectarlas mediante las herramientas de manejo de paisaje (Figura 159), establecidas previamente entre el dueño del predio y el técnico de cada zona.

Con la utilización de un Drone - UAV (Vehículo Aéreo No Tripulado), se realizó un vuelo sobre la microcuenca, con el fin de obtener una imagen actualizada que permitió medir y cuantificar el impacto de las herramientas de manejo de paisaje en la zona (Figura 160), medir el avance y cambio en la cobertura vegetal.

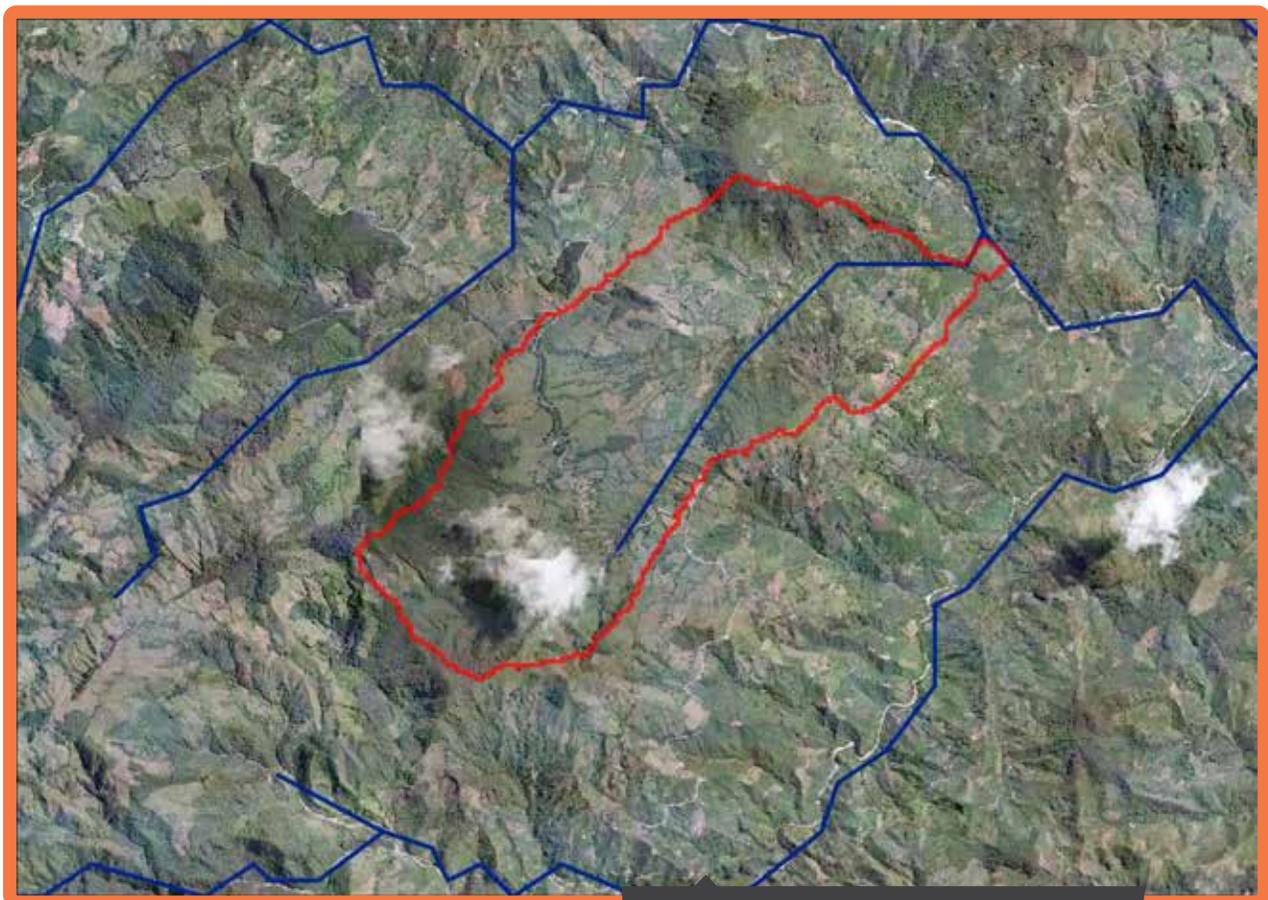


Figura 155. Área y forma microcuenca M.D.E.

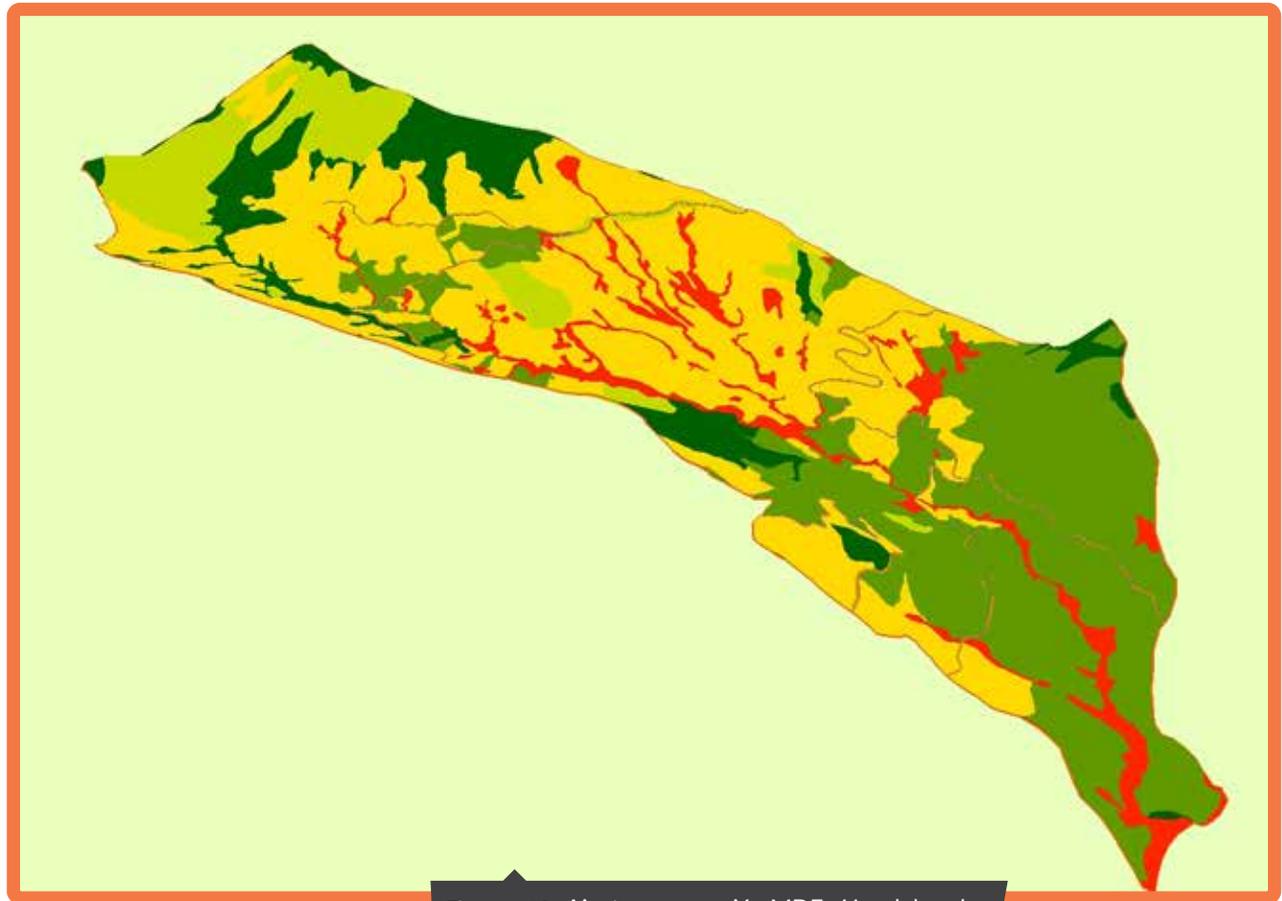


Figura 156. Ajuste y corrección MDE - Uso del suelo.

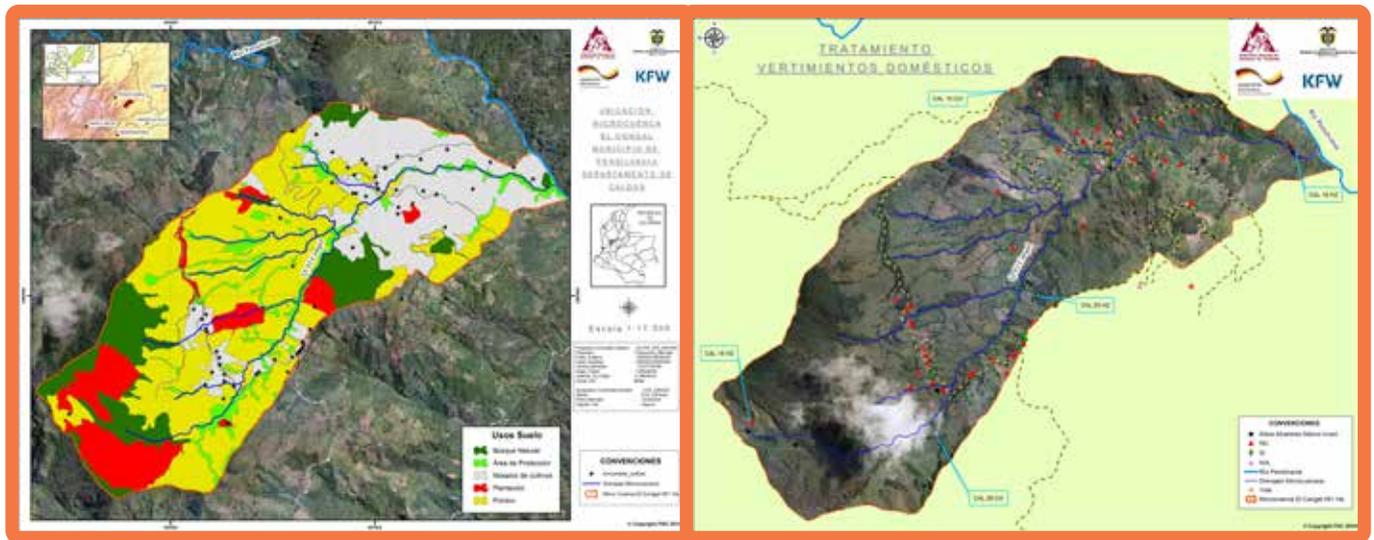


Figura 157. Espacialización de los predios encuestados.

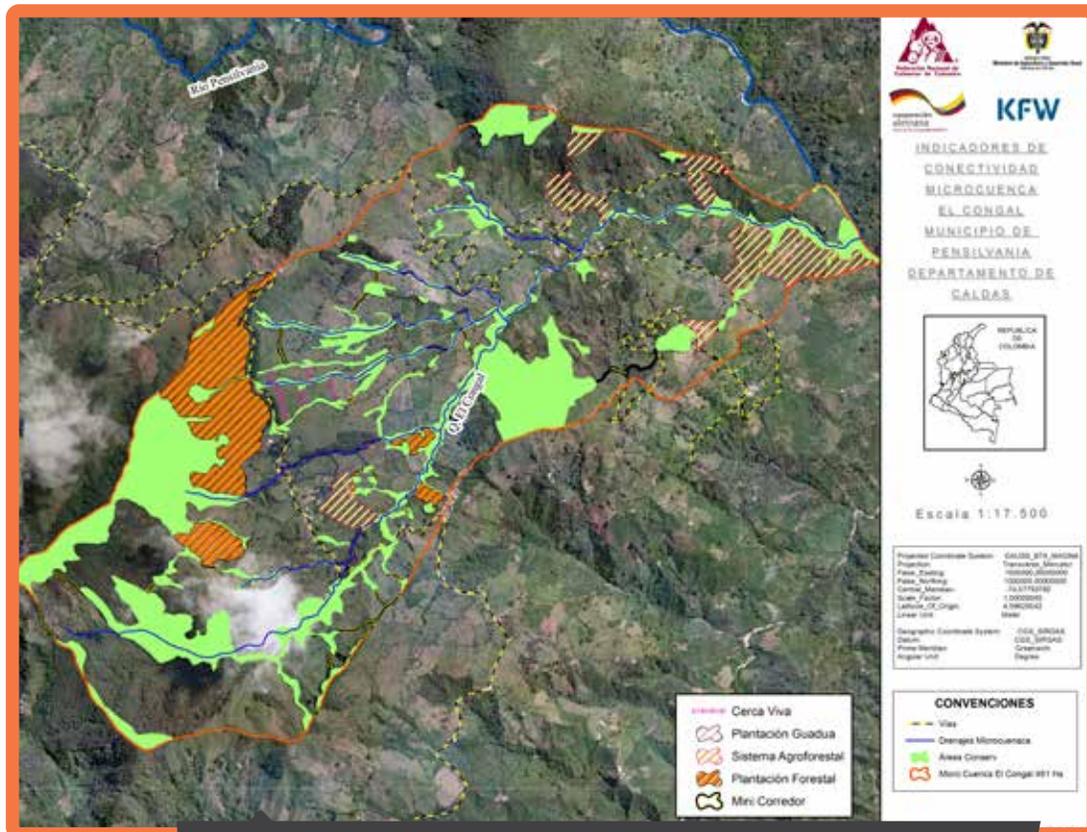


Figura 158. Herramientas ubicadas según su importancia para la conectividad.

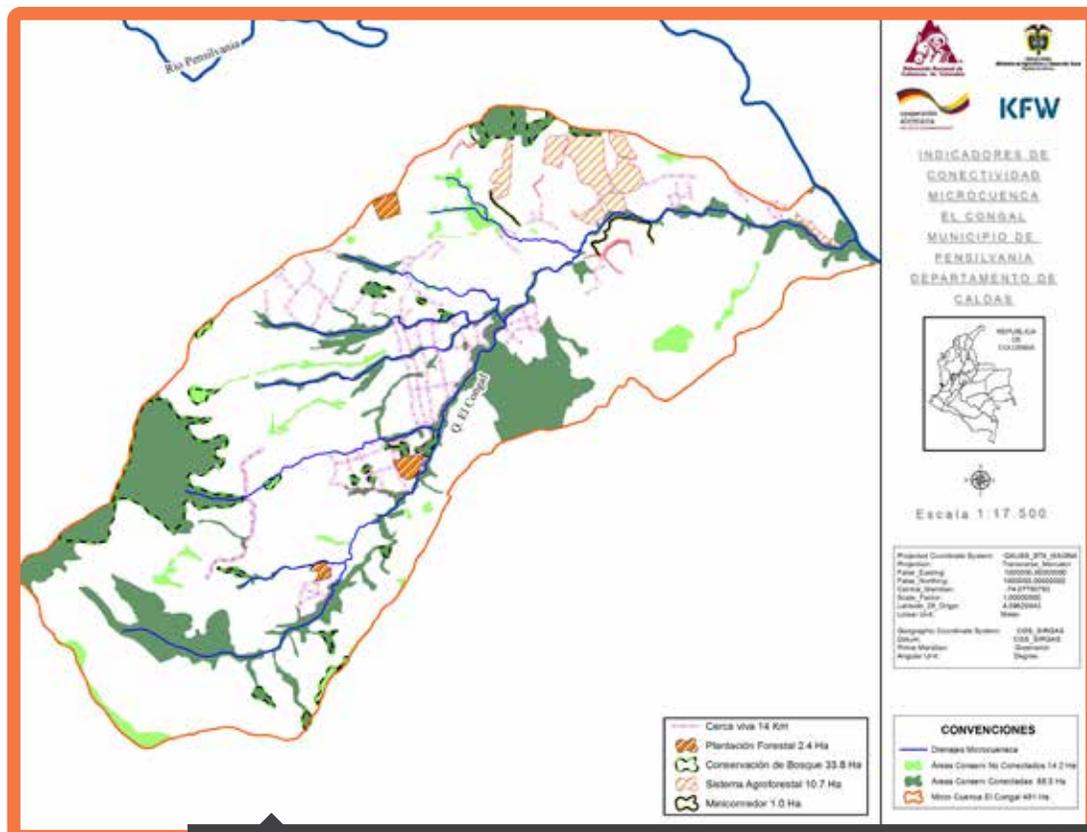


Figura 159. Áreas de bosque conectados con herramientas de manejo de paisaje en la microcuenca El Congal.



Figura 160. Imagen tomada de la microcuenca El Congal - Pensilvania Caldas, en sobre vuelo con el UAV.

Evaluación. Las herramientas de manejo de paisaje permiten unir los fragmentos de bosque y áreas de protección, formando corredores biológicos que son aprovechados por aves, mamíferos y reptiles para moverse de un lugar a otro (Figura 161). Además de que al mejorar la cobertura vegetal con especies nativas se está mejorando la calidad de hábitat para muchas especies.

Lo ideal para todas y cada una de las microcuencas es que todos estos parches o áreas de protección sean conectados y se amplíen.

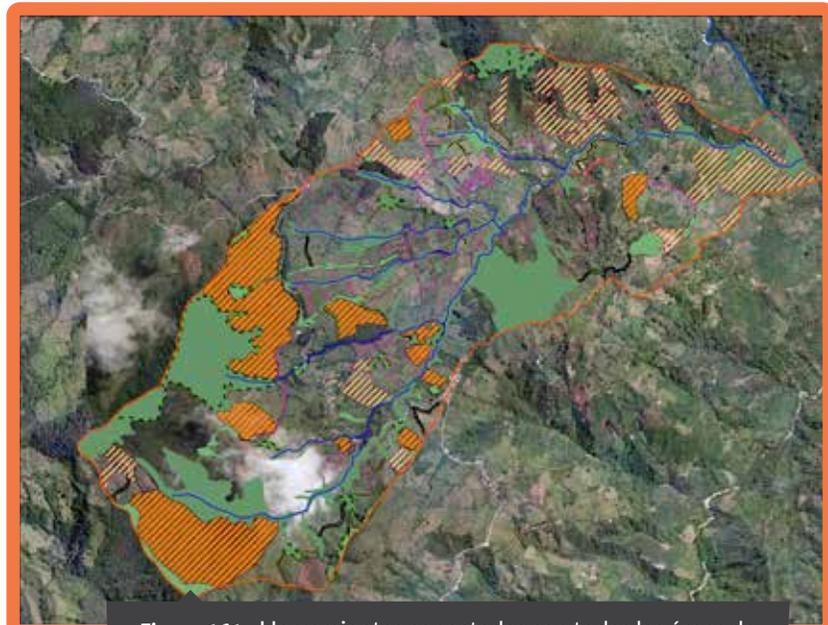


Figura 161. Herramientas conectadas con todas las áreas de protección en El Congal.



Caracterización de los Cacaos de Colombia



Desarrollo de una nueva tecnología de procesamiento de postcosecha de cacao finos y de aroma en centros de acopio para mercados internacionales

Este estudio tuvo como objetivos:

- Realizar la caracterización fisicoquímica y organoléptica de los cacao obtenidos en las nuevas zonas de expansión cacaotera en Colombia, con el fin de identificar los cacao finos de sabor y aroma y referenciarlos comparativamente con los producidos en otros países.
- Desarrollar y evaluar a nivel piloto la tecnología apropiada para el tratamiento postcosecha de cacao en baba, que pueda ser transferida para la creación de Centros de Acopio regionales y permita controlar y garantizar la calidad del cacao en grano seco.

Para el logro de estos objetivos se desarrollaron las siguientes actividades de investigación:

Caracterización de clones promisorios.

La calidad del cacao se analiza dependiendo de sus cualidades físicas, químicas y organolépticas. Esta combinación de factores hace que el cacao colombiano transmita sensaciones únicas a los sentidos, con propiedades aromáticas y características químicas superiores a las del cacao corriente o tradicional. El cacao fino y de aroma proviene de cruces de clones criollos y trinitarios. En Colombia se ha implementado en los últimos 10 años, la siembra con clones regionales o de origen trinitario, garantizando que el 100% de la producción sea fino y de aroma¹. Para dar cumplimiento al objetivo 1, se realizó la caracterización básica, nutricional, funcional, de origen y sensorial de diez clones con y sin fermentación, cultivados en Granja Luker (Palestina, Caldas) y seleccionados por Casa Luker, de acuerdo a sus intereses comerciales. Los clones evaluados corresponden a: ICS-95, ICS-60, ICS-1, TSH-565, EET-8, FSV-41, CCN-51, SCC-61,

ICS-39 y LUKER-40 para un total de 20 muestras con tres repeticiones y 15 variables evaluadas (900 análisis).

De acuerdo a la evaluación física en el grano fermentado, sólo los clones FSV41, ICS95, TSH565 y CCN51 presentaron un porcentaje de fermentación superior al 70%. Los demás clones estuvieron en el rango de 54% y 64%, considerados como cacao insuficientemente fermentados.

En los granos de cacao evaluados, el nutriente mayoritario fue la grasa (>50%) siendo más alta en los granos provenientes de clones fermentados (55,6% ± SD 1,3) que sin fermentar (52,3% ± SD 1,4). En cuanto a la calidad nutricional de la fracción lipídica (manteca de cacao), la composición en ácidos grasos mayoritarios presentes, tanto en clones fermentados como sin fermentar, fueron para: C16:0 (26,9% ± SD 1,2), C18:0 (31,1% ± SD 1,8), C18:1 (34,5% ± SD 1,1) y C18:2 (4,5% ± SD 0,4). En el caso de los clones Luker 40 y FSV-41, las muestras presentaron un perfil de ácidos grasos más cercano al saludable, con un mayor contenido de ácido oleico (C18:1, >36%).

Referente a la composición de triglicéridos no se presentaron diferencias significativas entre los dos métodos de fermentación evaluados. Con respecto al contenido de los triglicéridos POO y SOO, asociados a la dureza de la manteca de cacao, el contenido total en las muestras evaluadas no superó el 8%, permitiendo clasificarlas como mantecas duras, ya que el porcentaje presente de estos triglicéridos, no favorece la formación de triglicéridos monoinsaturados que conllevan estructuras polifórmicas menos estables con puntos de fusión más bajos.

En las muestras de licor de cacao de los clones evaluados con y sin fermentación, el contenido de proteína total fue mayor a 11% ± SD 0,8 en clones fermentados, y del 16% ± SD 1,4 en clones sin fermentar, destacándose el clon ICS-95 con el mayor contenido. El carbohidrato predominante en los clones sin fermentar es la sacarosa, la cual disminuye significativamente (más del 80%) para clones fermentados, debido a que los azúcares reductores (glucosa y fructosa) se forman por hidrólisis de la sacarosa durante la fermentación.

Los clones de cacao con mayor contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides y capacidad antioxidante provienen de los granos no fermentados, con valores promedios para capacidad antioxidante equivalente a vitamina C (VCEAC) de 7,35 g VCEAC/100 g licor de cacao \pm SD 0,63, para compuestos fenólicos de 9,16 g catechin/100 g licor de cacao \pm SD 0,91, para flavonoides de 6,36 g de catechin/100 g licor de cacao y para ORAC de 1.944,26 μ mol TE/g de producto \pm SD 295,38.

Con respecto al origen de los clones de cacao evaluados procedentes del jardín clonal de Granja Luker, se determinó a través de la relación teobromina/cafeína que su origen es de tipo trinitario.

Respecto a la evaluación sensorial, en todas las muestras procedentes de clones sin fermentar, se percibieron tonos verdes y astringentes altos, así como ausencia del atributo a cacao; en cambio, para las muestras de licor de cacao procedentes de clones fermentados, los tonos a cacao son perceptibles, aunque se detectaron tonos verdes relacionados con una fermentación insuficiente que concuerda con los análisis físicos realizados.

Actividades relacionadas con el objetivo 2.

Durante el presente año tuvo lugar la realización de un ensayo de escalonamiento con el fin de determinar el mínimo número de mazorcas que lograran la mejor fermentación. El ensayo incluyó el montaje de tres diferentes experimentos realizando variaciones en la masa fermentante, dando lugar a los tratamientos descritos en la Tabla 97.

El comportamiento del pH del grano y la cascarilla en los experimentos realizados fue muy similar, no solo por los valores adquiridos durante la fermentación, sino también por la coincidencia del punto de unión entre los mismos, el cual se dio entre el tercero y cuarto días para los tres tratamientos evaluados (Figura 162).

La acidez titulable evidenció un ascenso significativo en el segundo día de fermentación, iniciando un descenso a partir del cuarto día en los tratamientos 2 y 3, y en el quinto día para el tratamiento 1. Durante el secado se observó un ligero descenso debido a la volatilización de ácidos durante este proceso (Figura 163).

El experimento incluyó el monitoreo de las variables temperatura y humedad relativa en el cuarto de fermentación, así como la evaluación del comportamiento de la temperatura en la masa fermentativa durante los días de fermentación en cada uno de los tratamientos (Figura 164).

Las muestras obtenidas de cada uno de los tratamientos fueron sometidas a una evaluación física y sensorial. Los resultados de la evaluación física determinaron que en general las muestras presentaron una buena fermentación (61% - 79% de granos bien fermentados).

El panel de catación del departamento de Investigación y desarrollo de Casa Luker Bogotá, compuesto por tres panelistas entrenados, calificaron el tratamiento 2 como el que mejor características sensoriales presentó, resaltando su tono a cacao y aroma frutal.

Tabla 97. Descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo de escalonamiento.

Tratamiento	Dimensiones del cajón (cm)	Capacidad (kg de baba)	Cacao seco (kg)	Final de fermentación (días)
1	40x50x40x0,85	85,5	27,9	8
2	30x50x30x0,85	49,0	15,6	7
3	25x50x25x0,85	34,0	10,4	7

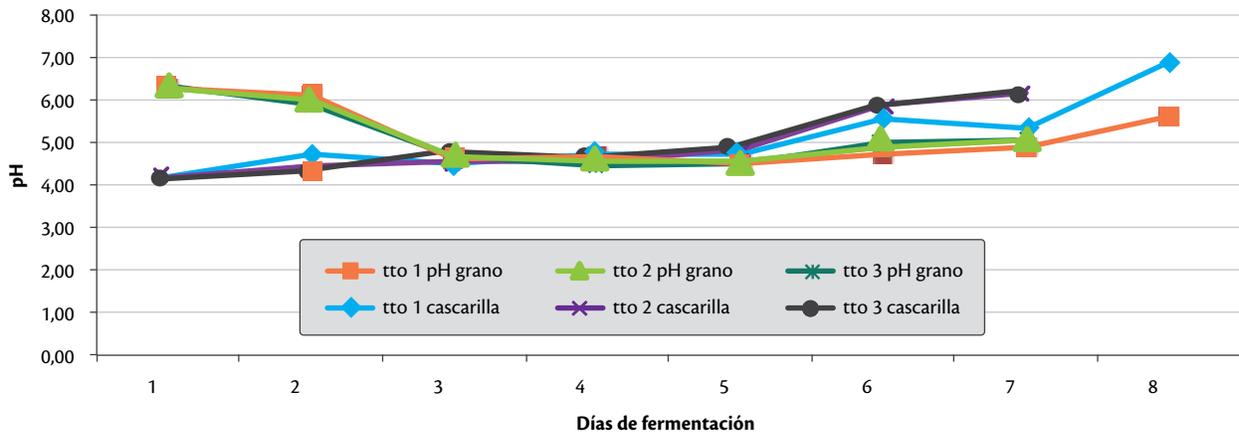


Figura 162. Comportamiento del pH en el grano y la casquilla para los tres tratamientos evaluados.

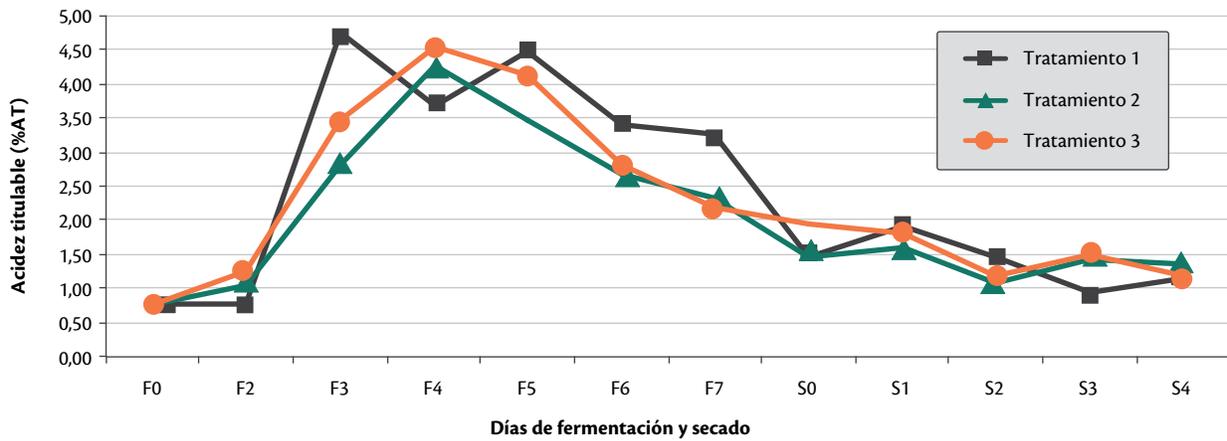


Figura 163. Comportamiento de la acidez titulable en el grano durante la fermentación y secado en los tres tratamientos evaluados.

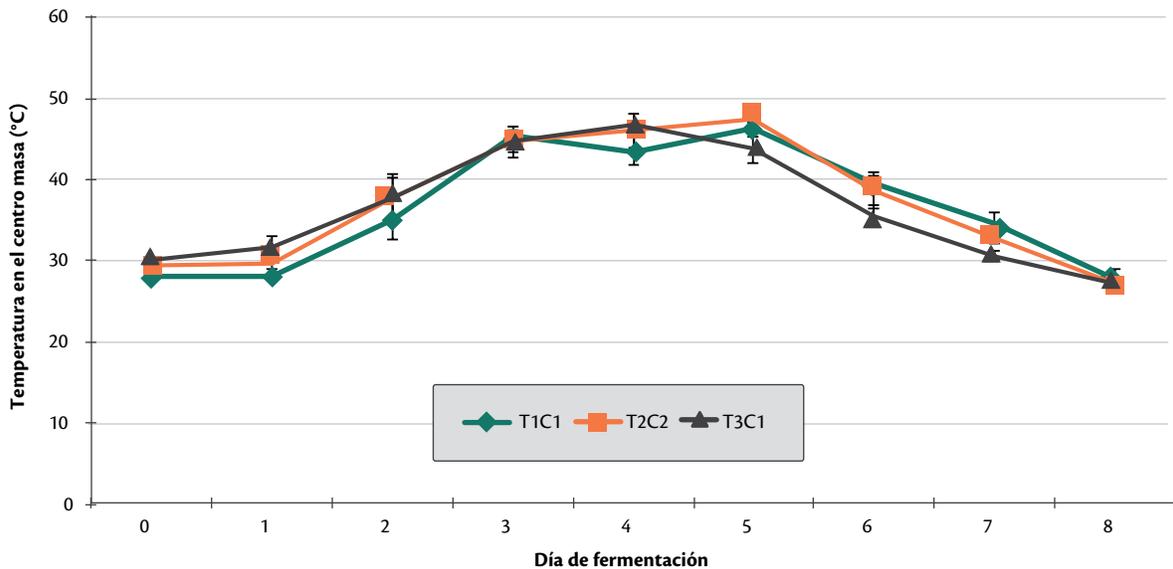
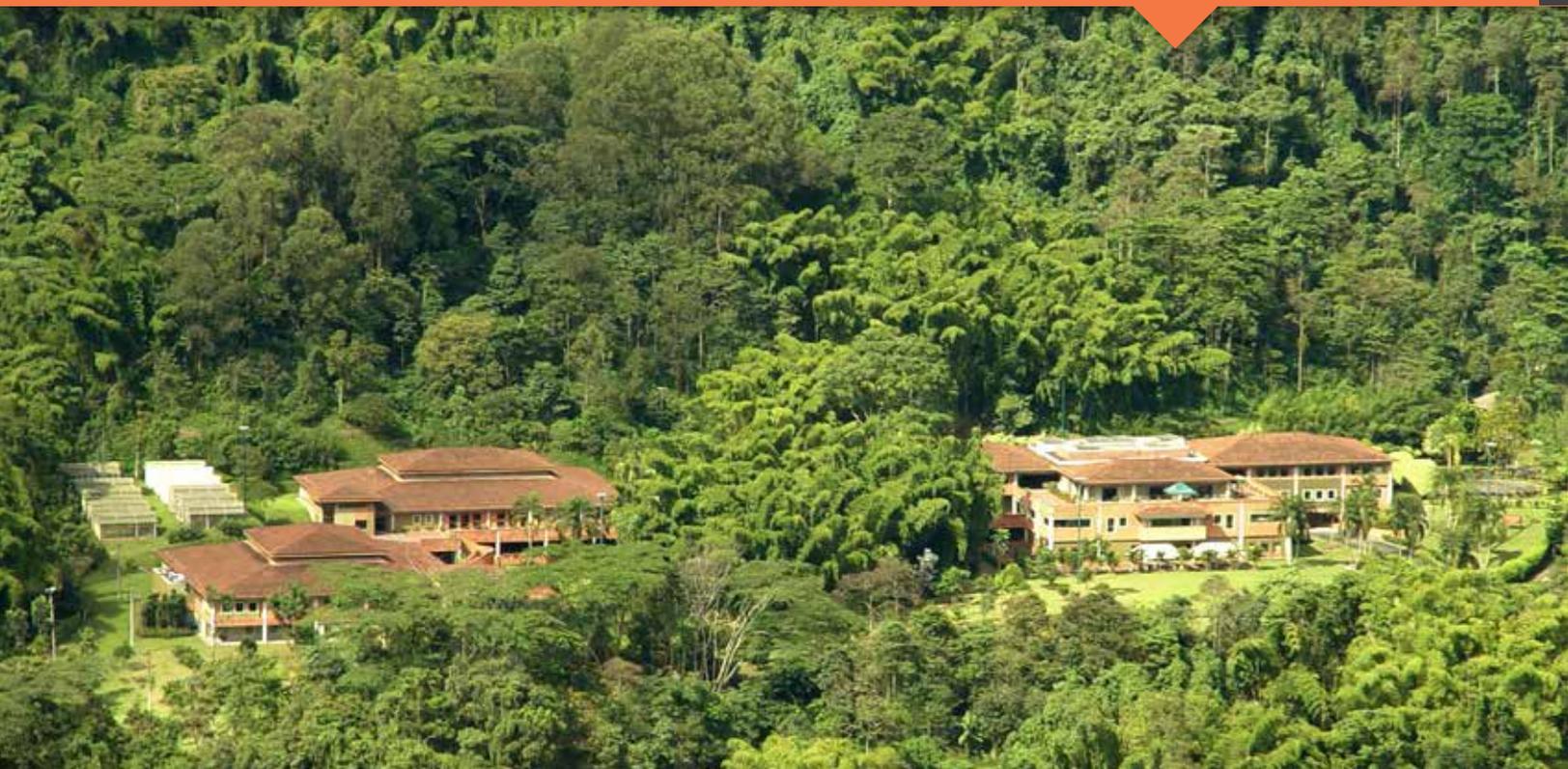


Figura 164. Comportamiento de la temperatura durante la fermentación en los tres tratamientos evaluados.



Gestión Administrativa y Financiera



CENICAFÉ EN CIFRAS

Presupuesto de Cenicafé

Por origen de recursos. El presupuesto total de Cenicafé para el año 2014, asciende a \$19.146 millones, de los cuales el 73% corresponde a recursos transferidos por la Federación Nacional de Cafeteros; el 17% a convenios de cofinanciación celebrados con otras entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales y por último, el 10% lo componen los ingresos por aprovechamientos de Cenicafé, que básicamente lo constituyen la venta de café e ingresos provenientes del proyecto Semilla (Figura 165).

Recursos Propios. El egreso más representativo en el presupuesto de Cenicafé corresponde a la nómina, el cual representó el 62% del total de la ejecución de recursos propios en el año 2013, y para el 2014 representa el 61% del presupuesto aprobado. Los servicios de Outsourcing (vigilancia, aseo, labores agrícolas y algunos servicios especializados), tienen una participación importante en la composición del presupuesto, con el 21% para el 2013 y 22% para el 2014. En total, los recursos asignados para gastos de personal ascienden a más del 80% del total del presupuesto anual de Cenicafé (Figura 166).

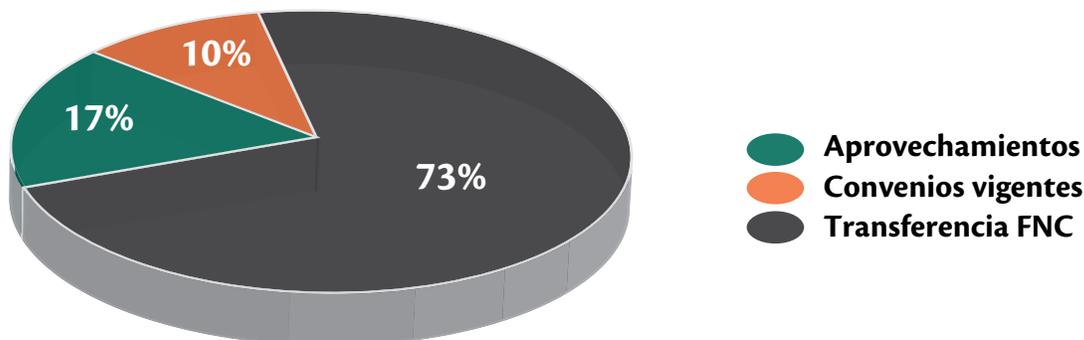
El rubro correspondiente a gastos generales, representa el 16% del total de los recursos y el presupuesto para inversiones, en el 2013 representó

el 0,4% y en el 2014 representa el 0,7%, lo que indica que la adquisición de activos con recursos propios es limitada.

Proyectos con recursos del Sistema General de Regalías (SGR)

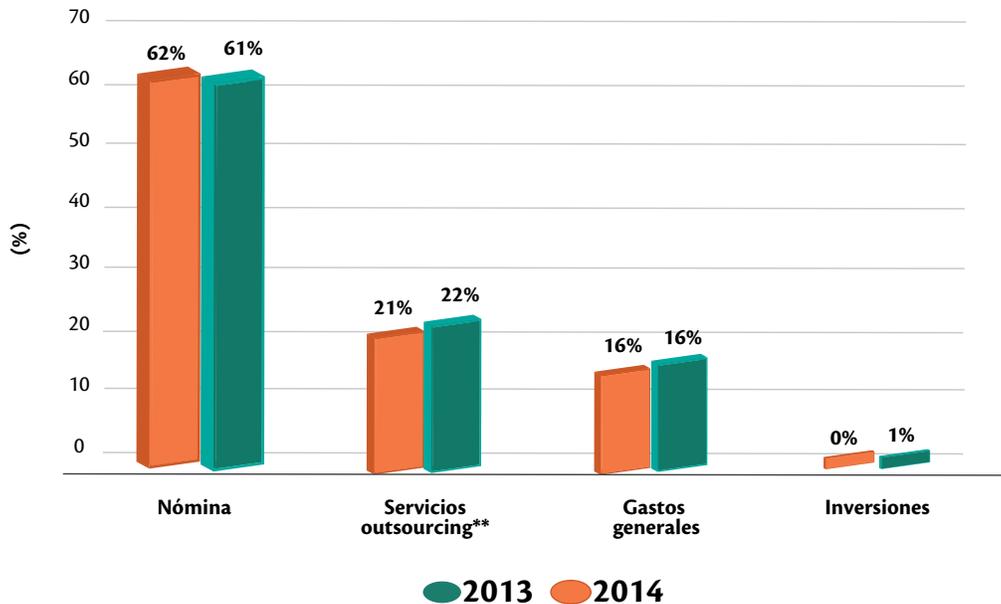
En el marco del sistema General de Regalías, Cenicafé está gestionando recursos para el desarrollo de investigaciones e implementación tecnológica en zonas de influencia cafetera. Estos proyectos se enmarcan dentro de los dos programas de investigación estratégicos para el Centro (Tabla 98). A continuación, se resumen los proyectos que se están gestionando:

SGR - Huila. El proyecto “Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café, ajustado a las condiciones particulares de la cafcultura del Huila”, presentado al Sistema General de Regalías de este Departamento, en la modalidad de Ciencia, Tecnología e Innovación, por valor de \$11.528 millones y una duración de 4 años; fue aprobado por todas las instancias del SGR (OCAD) y de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – FNC. Actualmente se encuentra en perfeccionamiento de estudios previos con la Gobernación del Huila, para la estructuración del acuerdo de Cooperación y posterior revisión de la División Jurídica de la FNC.



* Para el año 2014 desembolsos estimados Convenios según Cuadro de Mando Integral - CMI.

Figura 165. Composición del presupuesto total de Cenicafé 2014.



* Incluye semilla.

**Labores agrícolas, aseo, vigilancia y servicio de conducción.

Figura 166. Presupuesto de recursos privados año 2013 vs. 2014.

SGR - PCC Caldas. Se presentó al Sistema General de Regalías del Departamento de Caldas en la modalidad de inversión, el proyecto denominado “Implementación de la Denominación de Origen del Café Regional y Marca del Paisaje Cultural Cafetero, Occidente, Caldas, Aguadas”, por valor de \$1.236 millones y una duración de 3 años, el cual fue aprobado por todas las instancias del SGR (OCAD) y de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – FNC; a la fecha se encuentra en perfeccionamiento de estudios previos con la Gobernación de Caldas, para la estructuración del acuerdo de Cooperación y posterior revisión de la División Jurídica de la FNC.

SGR - Nariño. Proyecto titulado “Desarrollo de un paquete tecnológico para la producción de Cafés de alta Calidad, adaptado a la variabilidad extrema del clima y a las condiciones de suelo en el Departamento de Nariño”, presentado al Sistema General de Regalías del Departamento de Nariño en la modalidad de Ciencia, Tecnología e Innovación, por valor de \$7.100 millones, se encuentra en proceso de aprobación por la OCAD departamental.

SGR - Sistemas Agroforestales / Centro Oriente. La investigación “Aplicación de Ciencia, Tecnología e innovación en el cultivo de café bajo condiciones de

sombrío en los departamentos de Santander y Norte de Santander”, se encuentra en formulación, por valor de \$18.000 millones y una duración de 4 años.

SGR - Piloto Caldas. El proyecto “Construyendo la Adaptación de los sistemas productivos, sociales y económicos de las comunidades rurales del Departamento de Caldas, frente a la Oferta Climática Cambiante, una herramienta para su prosperidad, competitividad y sostenibilidad”, a ser financiado por el Sistema General de Regalías del Departamento de Caldas en la modalidad de Ciencia, Tecnología e Innovación, fue presentado por un monto total de \$7.974 millones y 2 años de duración, a la fecha se encuentra aprobado por el Codecty Regional y OCAD regional (para 13 cadenas productivas que incluyen Café).

Convenios de Cofinanciación

En el periodo enero-septiembre del año 2014 se prestó apoyo administrativo a 41 convenios con entidades nacionales e internacionales, públicas y privadas (Tabla 99).

La participación de los recursos externos continúa siendo importante en la aplicación de recursos en los diferentes experimentos (Tabla 100).

Tabla 98. Proyectos Sistema General de Regalías.

SGR / Depto.	Modalidad	Estado	Duración años	Efectivo millones \$	Especie millones \$	
				SGR	Cenicafé	Comité / OF. Central
Huila	CTel	Aprobado en trámite	4	11.528	692	461
DOP Caldas	Inversión	Aprobado en trámite	3	1.236	105	204
Nariño	CTel	OCAD Regional	4	7.100	428	146
Piloto Caldas	CTel	Aprobado en trámite	2	7.974	2242	
Centro Oriente SAF	CTel	En formulación		18.000		
Total				45.838	3.467	811

Tabla 99. Convenios Nacionales (Miles \$).

Entidad Aportante	Convenios	Miles \$ (1)	%
Hydro Agri Colombia	1	2.887	0,09
BASF Química de Col	1	5.544	0,18
Fiduciaria Bogotá S.	10	1.843.821	60,36
Dupont De Colombia	1	135.195	4,43
CHEMINOVA	1	150.680	4,93
AGROCORP SA	2	102.338	3,35
Casa Luker S.A.	1	277.733	9,09
VALAGRO ANDINA LTDA	1	3.831	0,13
DISAN COLOMBIA S.A.	1	10.161	0,33
ORBIOTEC S.A.S.	1	24.833	0,81
PRODECALES S.A.	1	109	0,00
Colciencias	5	77.410	2,53
Colinagro	1	40.000	1,31
Ministerio Agricultura - KFW	1	372.000	12,18
Dow Agrosiences de Colombia S.A.	1	8.000	0,26
Totales	29	3.054.541	100

(1) Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 de 2014 más el saldo del año 2014.

Tabla 100. Convenios Interinstitucionales (Miles \$).

Entidad Aportante	Convenios	Miles \$ (1)	%
Humanismo y Democracia	1	38.030	1,83
The Natural Conservancy	1	774	0,04
Syngenta	2	186.715	8,98
Rainforest Alliance	1	41.397	1,99
Nestlé Nespresso	1	19.768	0,95
PNUD	1	3.520	0,17
BID	1	731.488	35,19
NLE DV INTERNATIONAL	1	824.995	39,69
NESTEC	1	187.733	9,03
US FOREST SERVICE	1	9.930	0,48
OEA	1	34.355	1,65
Totales	12	2.078.705	100

(1) Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 de 2014 más el saldo del año 2014.

Convenios Institucionales

Para el año 2014, a septiembre 30, se tienen 29 convenios con entidades nacionales y 12 con entidades interinstitucionales (Tabla 101).

Tabla 101. Resumen convenios nacionales e interinstitucionales.

Entidad Aportante	Convenios	Miles \$ (1)	%
Convenios Nacionales	29	3,054,541	59.51
Convenios Interinstitucionales	12	2,078,705	40.49
Totales	41	5,133,246	100

(1) Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 de 2014 más el saldo del año 2014.

Cualificación del personal de nómina Cenicafé 2014

Cenicafé cuenta con un equipo humano de altas capacidades que se preocupa permanentemente por su crecimiento profesional y personal, muestra de ello es que el 29% de los colaboradores tiene formación de posgrado y el 14% se encuentra en proceso de formación.

A continuación se presenta un cuadro resumen con el nivel de formación del personal de nómina (Tabla 102).

Tabla 102. Cualificación personal nómina.

Nivel académico	Número de personas 2014
Doctorado	19
Doctorado en formación	10
Maestría	26
Maestría en formación	15
Especialización	15
Especialización en formación	1
Pregrado	44
Pregrado en formación	3
Técnicos/Tecnólogos	18
Bachiller/primaria	54
Total	205

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA
GERENCIA TÉCNICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
Centro Nacional de Investigaciones de Café
“Pedro Uribe Mejía”

DIRECCIÓN

Fernando Gast H., Biólogo Ph.D.
Ángela Liliana Zapata R., Administradora de Empresas M.Sc.

PROGRAMA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo Ph.D.

PROGRAMA CAFICULTURA Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Néstor Miguel Riaño H., Ing. Agrónomo Ph.D.

DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN

Calidad

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.
Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga **
Andrés Mauricio Villegas H., Ing. Agrónomo M.Sc.**
Audberto Quiroga M. Biólogo
Juan Paulo Pimentel S., Tec. Administración de Empresas Agropecuarias
Gustavo Echeverri M.
Adriana Milena Vallejo E.
Gerardo de Jesús Ocampo R.

Gestión de Recursos Naturales y Conservación

Nelson Rodríguez V., Ing. Químico Ph.D.
Jorge Eduardo Botero E., Ecólogo Ph.D.
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico
Rocío Espinosa A., Médico Veterinario y Zootecnista

Claudia Rocío Gómez P., Tec. Química
Juan Carlos López N., Microbiólogo **
Andrés Mauricio López L., Médico Veterinario y Zootecnista
José Rafael Rodríguez N., Lic. Biología y Química Esp.
Jennifer Andrea Galeano S., Bióloga
Laura Vanessa Quintero Yepes, Ing. Química
Samuel Antonio Castañeda
Estefanía Vanegas C., Aprendiz Universitario
Daniela Guzmán C., Aprendiz Sena

Fisiología vegetal

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo Ph.D.
Aristóteles Ortiz, Químico, M.Sc.
Jenny Lorena Aguirre M., Ing. de Alimentos
Claudia Yoana Carmona G., Ing. Agrónomo
Luz Fanny Echeverry G., Química
Marta Bibiana Escobar P., Tec. Químico
Lizardo Norbey Ibarra R., Ing. Agrónomo
Mauricio Serna O., Ing. Electrónico
Carlos Andrés Unigarro M., Ing. Agrónomo M.Sc.
Humberto Iván Ríos., Ingeniero Ambiental Esp.
Yulieth Paola Giraldo E. Ing. de Sistemas y Telecom Esp.
Juan David Hernández Arredondo, Ing. Agrónomo M.Sc.
Claudia Marcela Mora Agudelo
Mario Franco A.

Braian Alejandro López O.
Claudia Patricia Valencia V.
José Robín García C.
Rocío del Pilar Pineda S., Ing. de Alimentos
Tatiana Ocampo P., Aprendiz Sena

Suelos

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo Ph.D.
Hernán González O., Ing. Agrónomo M.Sc.*
Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo M.Sc.*
José Horacio Rivera P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Luz Adriana Lince S., Ing. Agrónomo, Geóloga**
Alveiro Salamanca J., Ing. Agrónomo*
Vanessa Catalina Díaz P., Química
Janeth Escudero A., Microbióloga Industrial y Ambiental
Fabio Alexis Torres A., Ing. Agrónomo Esp.
Arturo Gómez V.
Marcela García A., Aprendiz Sena

Fitotecnia

Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo M.Sc.
José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo M.Sc.
Carlos Augusto Ramírez C., Tec. Téc. Forestales **
Leidy Tatiana Bermúdez F., Ing. Agrónomo
Nathalia Díaz M., Ing. Agrónomo
José Rubiel Castrillón G., Ing. Sistemas y Telecomunicaciones

Mejoramiento Genético

José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.
María del Pilar Moncada B., Ing. Agrónomo Ph.D.
Diana María Molina V., Bacterióloga Ph.D.
Carlos Ernesto Maldonado L., Ing. Agrónomo M.Sc.*
Jefferson Medina O., Biólogo**
Alexa Yadira Morales C., Bióloga
Ligia Belén Suescún P., Ing. de Prod. Biotecnológica
Mónica Quintero M., Ing. Biológica **
Conrado Antonio Quintero D., Adm. Financiero
Carlos Augusto Vera A., Administrador Financiero
Jairo Jaramillo O., Tec. en Electrónica
Andrea Valencia O., Bióloga **
Mariana Santos R., Medica Veterinaria Zootecnista
Hernán Díaz C.
Cruz Elena Díaz M.

Omar Villarreal
Sandra Liliana Largo V.

Entomología

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo Ph.D.
Carmenza E. Góngora B., Microbióloga Ph.D.
Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Luis M. Constantino C., Biólogo Entomólogo M.Sc.
Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo M.Sc.*
Flor Edith Acevedo B., Ing. Agrónomo*
Aníbal Arcila M., Ing. Agrónomo
Mauricio Jiménez Q., Tec. Administración Agropecuaria
Lucio Navarro E., Biólogo*
Juan Carlos Ortiz F.
Carlos Alberto Quintero A.
Diana Soraya Rodríguez A., Téc. en Prod. de Café
Claudia Bibiana Tabares B.
Faber de Los Ríos P.
Diana Marcela Giraldo V.

Agroclimatología

Andrés Javier Peña Q., Ing. Agrónomo M.Sc.
Carolina Ramírez C., Ing. Agrícola
Arley Valencia S., Ingeniero Electrónico**
Wílmur A. Rendón G., Tec. en Sistemas Informáticos
Myriam Giraldo M.
Luis Gonzaga Henao R.
Fabián Sánchez L.
Luis Fernando Torres Q.
Jorge Hernán Marulanda E., Tec. en Electrónica
Orlando Salazar G.

Fitopatología

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.
Marco Aurelio Cristancho A., Microbiólogo Ph.D.
Juan Manuel López V., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Alejandra María Hoyos G., Ing. Agrónomo
Carlos Alberto Zuluaga E., Tec. en Mantenimiento en Comp. y Redes
Carlos Arturo González V.
Jorge Dicksson Ocampo M.
Jaroliver Cardona G.
Juan Carlos López C.
Salvador Castro E., Pasante Convenio Unv.

Sostenibilidad

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos M.Sc.
Gloria E. Aristizábal V., Lic. Bióloga y Química M.Sc.
María Cristina Chaparro C., Química M.Sc.
Janeth Alexandra Zuluaga M., Economista
Empresarial M.Sc.
Montserrat Dayana Prieto M., Ing. Agrónoma Esp.
Paola Andrea Espejo G., Antropóloga **
Mario López L.
Cristian Giraldo Q., Aprendiz
Juan Sebastián Ospina R., Aprendiz Sena

Ingeniería agrícola

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.
Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico Ph.D.
César Augusto Ramírez G., Arquitecto M.Sc.
Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos M.Sc.*
Paula Jimena Ramos G., Ing. Electrónico M.Sc.**
Ricardo José Grisales M., Tec. en Electrónica
José Farid López D., Tec. en Administración
Agropecuaria
Javier Arias H.
Mario Espinosa G.
Javier Velásquez H.
Andrés Felipe Trujillo C., Pasante Convenio Univ.

EXPERIMENTACIÓN

Carlos Gonzalo Mejía M., Administrador de Empresas
Agropecuarias M.Sc.
Kelly Johana Correa A., Prof. en Administración de
Mercadeo

Estación Central Naranjal

Jhon Félix Trejos P., Ing. Agrónomo

Estación Experimental El Tambo

Hernán Darío Menza F., Ing. Agrónomo M.Sc.

Estación Experimental El Rosario

Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal**

Estación Experimental La Catalina

Diego Fabián Montoya, Agrónomo

Francisco Javier Álzate O.
Vidal de Jesús Largo T.

Estación Experimental Líbano

Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Paraguaicito

Myriam Cañón H., Ing. Agrónomo **
Daniel Antonio Franco C., Tec. en Gestión
Agropecuaria **

Estación Experimental Pueblo Bello

José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Santander

Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo
Melsar Danilo Santamaría B., Ing. de Alimentos

APOYO A LA INVESTIGACIÓN

Biometría

Esther Cecilia Montoya R., Estadístico M.Sc.
Rubén Darío Medina R., Estadístico M.Sc.
Hernando García O., Técnico en Mantenimiento
Eléctrico**

Documentación

Alma Patricia Henao T., Lic. en Lenguas Modernas,
Bibliotecóloga, Esp.
Nancy Elena Pérez M., Contador Público
Jorge Wilmar Valencia G. Tec. en Análisis y Desarrollo
de Sistemas de Información

Economía

César Alberto Serna G., Contador, M.Sc.

Divulgación y Transferencia

Sandra Milena Marín L., Ing. Agrónomo M.Sc.
Carmenza Bacca R., Diseñadora Visual
Jair Montoya T., Administrador de Empresas M.Sc.
Óscar Jaime Loaiza E., Diseñador Visual
Luz Adriana Álvarez M., Diseñadora Visual
Paula Andrea Salgado V., Administrador Financiero
Sebastián Sánchez A., Aprendiz

UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Luz Miryam Corredor R., Administradora de Empresas, Contador Público, Esp.
Rufina Perdomo G.

Gestión Contable y Tributaria

Martha Elena Vélez H., Contador Público Esp.
Jesús Danilo González O., Contador Esp.
María Consuelo González H.

Gestión de Bienes y Servicios Mantenimiento

Óscar Fernando Ramírez C., Ing. Mecatrónica**
Cristian David Sabogal E., Ing Electrónico y Electricista**
Gabriel Hernando Ortiz C., Tec. en Gestión Bancaria y Financiera
Uriel López P.
José Asdrúbal Muñoz
Rogelio Rodríguez G.
Javier Vanegas V.
Eduardo Villegas A.
Fredy Hernán Osorio C.
Alexander Erazo S. Técnico Electricista
Juan Sebastián Zamora D., Aprendiz Universitario

Gestión de Tesorería

Luis Fernando Ospina A., Contador Público, Esp.

Gestión del Talento Humano

Érica Mayerly Galvis R., Trabajadora Social M.Sc.
Luz Yaneth Guarín C., Tec. Administración de Negocios
Germán Uriel G., Administrador de Empresas, Esp.
Elsa Natalia Quintero C., Profesional en Salud Ocupacional Esp.**

Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L. Ing. Industrial M.Sc.
Damaris Márquez G., Administradora Financiera**
Federico Giraldo D., Administrador de Empresas**

Gestión de Bienes y Servicios Contratación

Juan David Alzate O., Economista, M.Sc.
Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial
Luz Stella Duque C., Tec. en Administración de Negocios
Ángela Jaramillo G., Prof. en Comercio Internacional**
Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público
Yolanda Castaño G.
Gabriel Antonio Melo P.
Juan Pablo Jaramillo B., Técnico en Fotografía
Lina María Giraldo, Tec. Asistente Administrativo**
Karen Osorio V., Aprendiz
Danny Alejandro Pineda G., Aprendiz

Tecnología de la Información y Comunicaciones

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico
Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas, Esp.**
Luz Ángela Fernández R., Lic. en Psicopedagogía
Elkin Marcelo Valencia L., Ing. de Sistemas, Esp.
Daniel Orozco J., Ing. Sistemas y Tel., Esp.
Leonardo Adolfo Velásquez N., Ing. de Sistemas y Tel., Esp.
Kevin Adolfo Hincapié V., Ing. de Sistemas y Tel., Esp.
Andrés Felipe Ramírez M., Ing. Sistemas y Tel.

*Comisión de estudios

**Adelantando estudios en el país



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

www.cenicafe.org